

A MOZGÁSFORMÁK VISSZAVEZETHETETLENSÉGE ES AZ ÜN. »GONDOLKODÓ GÉPEK« KÉRDÉSE

Írta: Dr. Székely Sándor adjunktus

Bevezetés

Az elmúlt század második felétől kezdődően a természettudományokban és a technikában rendkívül intenzív fejlődés bontakozott ki, hagyományos és merőben új területeken egyaránt. Egyre szélesebb körökben ismerik el, hogy új tudományos és technikai forradalom időszakát éljük.

A társadalmi élet és a tudományos fejlődés szempontjából egyformán hevesen zajló korszakban seregestől jönnek létre új elméletek, tudományos irányzatok, hatalmas tényanyag gyűlik egybe, és igen nagyszámú hipotézis keletkezik. Egyre érezhetőbbé válik a filozófia általánosító, integráló funkciójának szükségessége: egyfelől, hogy a szerteágazó tudományos eredmények egy egységes világképben fejeződjenek ki, másfelől, hogy a gyakran ellentmondásos véleményekben, értelmezésekben el lehessen igazodni. A természettudományok napjainkban nagy számban vetnek fel nehéz és bonyolult filozófiai természetű kérdéseket, amelyek megoldása legtöbbször előfeltételét képezi valamely tudományág további fejlődésének. De ezeknek a kérdéseknek a vizsgálata és megválaszolása nemcsak a természettudományok fejlődésében nélkülözhetetlen, hanem általuk válik lehetővé a filozófia tartalmának gazdagodása, a filozófia előrehaladása is. A közelmúltban Moszkvában és Lipcsében lezajlott — a természettudományok filozófiai kérdéseivel foglalkozó — tudományos konferenciák anyagai szemléletesen mutatják e kérdések megoldásának szükségességét és sürgősségét.

Ugyancsak e konferenciák tanulsága szerint fontosabb, mint valaha, a Lenin által hangoztatott szoros szövetség és együttműködés a természettudományok művelői és a filozófiai kutatók között. Csakis alkotó együttműködésük képes megteremteni a materialista világképnek az új tudományos eredmények szintjén álló, a kor igényeinek megfelelő formáját. Ennek kialakításához viszont számos kérdés megnyugtató megoldása és egyöntetű rendszerbe foglalása szükséges.

Az egyik érdekes és sajátosan e kor szükségleteiből életrehívott tudományos irányzat — mely számos bonyolult filozófiai természetű kérdéshez vezet — a *kibernetika*. Ez a fejlődésének kezdeti szakaszában levő komplex tudományos irányzat igen sok, napjainkban keletkezett és alapvetőnek elismert eredménnyel áll közvetlen vagy közvetett kapcsolatban. Nem meglepő tehát,

hogy a különböző szaktudományok művelőit erősen foglalkoztatja a kibernetika, és az sem, hogy élénk érdeklődést váltanak ki a kibernetikai eredmények s azok értelmezései széles rétegekben.

A kibernetika keletkezésének idejét nem lehet pontosan meghatározni — hasonlóan a többi tudományhoz. Számos szállal kapcsolódik régebbi ismeretekhez, másrészt e száguldó kor gyorsan változó szükségletei állandóan befolyásolják, módosítják. Sok régebbi eredmény illeszkedik be újszerűen, új összefüggésekben lassan kialakuló szerkezetébe, és hol egyik, hol másik ága vagy alkalmazási területe kerül a vizsgálat előterébe. Ha mégis azt mondják, hogy ez az új tudományos irányzat Norbert Wiener 1948-ban megjelent Kibernetika c. alapvető művével vette kezdetét, ezen csak azt értjük, hogy ekkor kapott új minőségként helyet a tudományok sorában.

Napjainkban még mindig vitakoznak a kibernetika fogalmának és tárgyának meghatározásán. Különböző szerzők saját szakterületük felől közelítik meg e kérdést, és eltérő válaszokat adnak rá.¹

A lipcsei Karl Marx egyetemen 1959 őszén rendezett tudományos konferencián Kalmár László professzor megvitatásra ajánlotta a következő meghatározást: »A kibernetika... anyagi rendszerek szervezésének, valamint e rendszerekben belül az információnak különösen vezérlés és szabályozás céljára történő feldolgozásának olyan általános törvényszerűségeivel foglalkozik, amelyek az anyag specifikus mozgásformáitól függetlenül érvényesülnek«,... továbbá... »a kibernetika ezeknek a törvényszerűségeknek az alapján annak a lehetőségével is foglalkozik, hogy az anyag magasabb mozgásformáit azok megadott, körülhatárolt funkcióira vonatkozóan alacsonyabbakkal utánozza, és megpróbálja e lehetőségek határait meghatározni.«² A definíció láthatóan megjelöli mind az elméleti, mind az alkalmazott kibernetika kérdésfeltevését, számol az eddigi törvényszerű eredményekkel és a kutatás fő irányjaival, és filozófiailag kifogástalanul illeszkedik a dialektikus materializmus eszmévilágához. Úgy véljük, hogy e definíció, mely mentes az egyetlen szakterület felől való megközelítés korlátaitól, teljesen fogadható el. Amikor pedig a meghatározásban említett törvényszerűségek közül a legfontosabbak kimerítően feltáruhnak, a tudományos irányzat az önálló tudomány rangjára lép.

A kibernetika megjelenése a tudományok rendszerében élénk, heves vitákat eredményezett. Egyrészt hasznos, a tudományos fejlődésben nélkülözhetetlen viták alakultak ki, másrészt viszont káros, az új tudományos irányzat fejlődését gátló elutasító álláspont is létrejött. Ez utóbbi meglehetősen nagy szerepet játszott — ezért érdemes néhány lényegesnek látszó okát felemlíteni.

Az egyik ok olyan természetű, amely általában jelentkezni szokott minden tudomány keletkezésének időszakában: az újszerűségtől való visszariadás. A kibernetika számos, merőben újszerű ismeretet tárt fel. Ezek közül különösen meglepő volt az automatikus gépek és az élő szervezetek között található analógiák felismerése.

¹ L. pl. Sz. L. Szoboljev és A. A. Ljapunov: Kibernetika és természettudomány. A modern természettudomány filozófiai kérdései. Moszkva 1959. 237. old. (oroszul)
Tarján Rezső: A kibernetika fő problémái. Magyar Tudomány 1956. 1—3. szám, 43. old.

² László Kalmár: Einige philosophische Probleme der Kybernetik. (A kibernetika néhány filozófiai problémája.) Sammelband des Internationalen Symposiums über Philosophie und Naturwissenschaften, Leipzig 1959. (Kézirat 5. old.)

Továbbá lényeges szerepet játszott, hogy az 1950-es évek elején (erre az időre tehető a vitáknak a legélesebb és közismerten elfajult szakasza) a feltárt tudományos tényanyag nem állt összhangban a megpillantott lehetőségek óriási méreteivel — s a fantázia így túl szabadon csaponghatott. A különböző kibernetikai eredményeknek olyan értelmezései születtek, hogy emberi intellektus helyeződött át a gépbe, sőt, hogy a gépek általában túlhaladják majd az embert — s ezek természetesen jogos ellenérzéseket és ellenvetéseket váltottak ki.

Végül az is előfordult, hogy a tényszerű tudományos eredmények ismeretének teljes hiányában (gyakran a kibernetika első lépéseit követő lármás és hamis propagandát azonosítva magával a tudományos irányzattal) mondtak kritikai véleményt. Ez utóbbit nagy eréllyel és határozottsággal ítélték el az 1955-ben a Szovjetunióban rendezett kibernetikai vitákon és a már említett 1958-as tudományos konferencián.

A kibernetika kezdeti lépéseinek ezek a *külső* kísérő jelenségei párosulnak sok, e tudományos irányzatot művelő tudós ténylegesen hibás, bírálendő értelmezésével. (Ezek közül néhányra a későbbiekben külön is kitérünk.)

Mindezek az okok azt eredményezték, hogy káros és meglehetősen széles (különösen filozófus) köröket érintő elutasító álláspont alakult ki a kibernetikával szemben. Az elutasító álláspont hívei nem tettek különbséget a tényleges tudományos *tartalom* és egyes eredmények idealisztikus vagy vulgár-materialista *értelmezése* között, jórészt azért, mert figyelmen kívül hagyták, vagy gondolatilag elsekélyesítették a tényeket. (Teljesen hasonló a helyzet pl. a relativitás-elméletet ért megalapozatlan kritikákból kialakult állásponthoz.) A bírálóknak ez a csoportja végeredményben magát a kibernetikát minősítette reakciós áltudománynak, visszahúzó kísérletnek, idealisztikus vagy mechanisztikus okoskodásnak stb.

Sajnálatos, hogy az ilyenszerű bírálatot hangoztatók egy része korunk filozófiájára, a dialektikus materializmusra hivatkozva mondott elutasító véleményt. Ez annál is inkább különös, mert mi sem áll távolabb a dialektikus materializmus szellemétől, mint az e bírálatokban mutatkozó újtól való idegenkedés és a tények semmibevétele. Mindenképpen ál-marxista, dogmatizmusból sarjadt véleményeknek kell minősítenünk a fentieket.

A kibernetika tagadása káros volt, és nem csupán azért, mert akadályozta e tudományos irányzat fejlődését, hanem mert a teljes tagadás struccpolitikája miatt — mivel a kibernetika tényszerűen mégis megvolt — nyugodtan burjánzhattak hamis magyarázatok és ténylegesen idealista értelmezések.

A kibernetika természetesen túljutott a tagadó véleményeken, a gáncsoskodáson, és általánosan elismert tudományos irányzattá vált. Az elutasítók — köztük a filozófusok is — helyreigazították hibás megítélésüket, és ily módon akadálytalanná vált az út a kérdések mélyebb, alaposabb és előítéletektől mentes tanulmányozása előtt. Hogy ez mégis igen vontatottan halad — különösen filozófiai részről —, az jórészt a ma már megszűnt korábbi álláspont reakciójának tudható be. Bizonyos értelemben a kibernetikusoknál is tartózkodás érezhető a filozófiai részről megnyilvánuló érdeklődéssel szemben.³ Sajnálatosan még mindig laza az együttműködés a kibernetikát szaktudományok felől és a filozófia oldaláról megközelítők között. Ennek egyik bizonyí-

³ L. pl.: Sz. L. Szoboljev és A. A. Ljapunov előbb id. m. 258. old.

téka, hogy filozófusok tollából élenyészően kevés cikk vagy tanulmány jelenik meg a kibernetika filozófiai kérdéseiről.

Márpedig igen sok, e tudományos irányzatban felmerülő, de körén belül maradéktalanul meg nem oldható kérdés teszi szükségessé az együttműködést. E kérdéseket az jellemzi, hogy zömmel túlmutatnak a kibernetikán, s megoldásuk filozófiai síkon remélhető. Másfelől az is előfordul, hogy egyes kibernetikai eredményeket idealista vagy vulgármaterialista módon értelmeznek — s ezek alapos bírálata szintén filozófiai síkról végezhető el.

Az elmúlt vitáknak kulcskérdése volt az élő szervezetek és az automatikus rendszerek⁴ összehasonlításából levonható következtetések és azok értelmezése. Főleg az idegrendszer felépítése és a gondolkodás, továbbá az automatikus rendszerek szerkezete és működése közti sokszor meglepő analógiák vezettek a kérdés éles megfogalmazásához: gondolkodnak-e a mai modern elektronikus gépek? Ezt a kérdést el lehetett dönteni, mégpedig tagadóan. Lényegesen több nehézséget okoz a következő kérdés: van-e elvi *lehetőség* oly automatikus rendszerek szerkesztésére, amelyek rendelkezhetnek a gondolkodás képességével? E kérdés ismét két részre osztható:

a) a mai ismeretek alapján egyáltalán *eldönthető-e* már, hogy fennáll-e ilyen lehetőség, vagy sem; és

b) *ha fennáll*, akkor hogyan körvonalazható, hogyan fogalmazható meg?

A fenti kérdésekre adható és adott eltérő válaszokból származtak az előbbieken említett, eredményükben káros viták. Természetesen nem arról van szó, hogy a kérdések feletti vita lehetne önmagában káros — minden bizonnyal nagyon alapos kutatást és sok vitát igényel még eldöntésük —, hanem hogy egyesek innen kiindulva jutottak el a kibernetika tagadásához.

A kérdésekre felmerülésük után minden lehetséges válasz elhangzott, kezdetben éles formában. Sokan — különösen az e kérdésekben nyilatkozó filozófusok — kategorikusan úgy válaszoltak, hogy ki kell zárni a »gondolkodó gépek« lehetőségét. Indokolásuk az volt, hogy ellenkező esetben el kellene ismerni a gondolkodás visszavezethetőségét a fizikai mozgásformára (amelyben a gép létezik). (Ugyanez vonatkozik általában az élő szervezet és az automatikus rendszer egymáshoz való viszonyára is.) Márpedig a magasabbrendű mozgásformáknak alacsonyabbrendűekre való visszavezethetőségének elgondolását megcáfolták a mechanisztikus szemlélet általános bírálata során. Ma már a tudomány a mechanisztikus felfogást — mint túlhaladottat — elutasítja.

Első látásra a tagadó válasznak igen tetszetős indokolása ez, de mindjárt megjegyezzük, hogy részletesebb vizsgálat esetén egyszerűben nyilvánvalóvá válnak az *indokolás* oly gyengeségei, amelyek kétséggé teszik. Hangsúlyozzuk, nem arról van szó, hogy a tagadó válasz lenne okvetlenül hibás — ezt külön kell megvizsgálni —, hanem hogy a mozgásformák visszavezethetlenségére való hivatkozás nem szerepelhet a tagadó válasz meggyőző indokaként. (Ebben a dolgozatban éppen e kérdések vizsgálata szerepel.)

Másfelől elhangzottak igenlő válaszok is. Nem ritkán előfordul az a vélemény, hogy a napjainkban megvalósult egyes automatikus rendszerek rendelkeznek a gondolkodás képességével. De mint Kalmár László professzor előbb

⁴ Tarján Rezső meghatározása alapján automatikus rendszereken meghatározott műveletsorokat automatikusan végző önkontrollós műszaki berendezéseket értünk. V. ö. Magyar Tudomány 1956. 1—3. szám 49. old.

idézett előadásában kimutatja, erre »bizonyítékot szolgáltatni« csak a gondolkodásra e célból egészen speciálisan kiagyalt, önkényes definíció alapján lehet. Ezenkívül jelentkezik olyan vélemény is, amely pusztán formai hasonlóságokat emel lényegivé, s így akar nyomatékot adni igenlő válasznak. Természetesen egyik eljárás sem tekinthető elfogadhatónak e kérdés megoldása szempontjából. A gépek »fejlődésének« lehetőségeire vonatkozó túlzott elképzeléseket és reményeket a későbbiek során részletesebben megvizsgáljuk.

Napjainkban a kibernetika marxista művelőinek körében óvatosság tapasztalható; megválaszolatlanul hagyják a kérdést egy igen józannak látszó meggondolás alapján, hogy ti. a tudományoknak csupán a reális következtetés, nem pedig jóslás a feladatuk. Mindaddig, amíg elegendő tényanyag nincs a kérdés eldöntéséhez, nem is érdemes próbálkozni azzal. Noha az eddigi éles viták ezt a józan-óvatos álláspontot látszanak alátámasztani — úgy véljük —, nem hiábavaló próbálkozás a kérdések filozófiai síkról történő megközelítése.

Mindenekelőtt — e célra rendszerezve — felsoroljuk a mozgásra és a mozgásformák visszavezethetetlenségére vonatkozó legfőbb dialektikus materialista tételeket, amelyekkel indokolni próbálták a nemleges választ.

I.

A mozgás. A mozgásformák és osztályozásuk

1. A dialektikus materializmus a mozgást az anyag abszolút jellemző tulajdonságaként, *létezési módjaként* határozza meg. Mozgás és változás (akármilyen változásról van szó!) egy jelentésű fogalmak.

2. Jól ismert az a tétel, mely kimondja, hogy anyag és mozgás egymástól elválaszthatatlanok, más szavakkal: anyag nem létezik mozgás nélkül, és anyagtól független mozgás nincs. (Itt utalunk arra, hogy anyagon a tudattól független létezőt értjük — egyszóval a lenini meghatározásban megjelölt anyagot. Erre az utalásra azért van szükség, mert pl. Hegel is szó szerint így ír az anyag és mozgás elválaszthatatlanságáról,⁵ de nála az anyag a szellem másléte, tehát nem független attól. Nyilván a dialektikus materializmusnak és a hegeli filozófiának az anyag és mozgás viszonyára vonatkozó tétele csak szavakban egyezik meg, tartalmában alapvetően különbözik egymástól.) Hivatkozunk Engels világos fejtegetéseire »A mozgás alapformái« című cikkében,⁶ ahol teljes logikai szigorúsággal bizonyítja be a fenti tételt. Tehát a mozgás a tudattól függetlenül létezőnek, az anyagnak objektív és abszolút módon jellemző tulajdonsága.

3. A mozgás mellett megkülönböztetünk nyugalmi állapotot. Nyugalomban lévőnek akkor mondjuk az anyag egy részét, ha *bizonyos szempontból* átmenetileg nem szenved lényeges változást önmagán belül vagy környezetéhez viszonyítva (miközben ettől eltekintve más változások végbemennek rajta vagy benne). Tehát a nyugalom csak valamiféle szempontból vett hiánya a mozgásnak, de nem abszolút értelemben. Ebből tűnik ki, hogy a 2. és 3. pontban mondottak között nincs ellentmondás, továbbá annak a dialektikus

⁵ V. ö. Engels: A természet dialektikája. Bp. Szikra 1952. 255. old.

⁶ U. o. 80. old.

materialista tételnek az értelme és jelentősége, hogy a mozgás mint az anyag egészére vonatkozó tulajdonság abszolút, a nyugalom pedig viszonylagos.

4. Az anyag feltárul, visszatükröződik legmagasabbrendű termékében, az emberi tudatban. De mivel az anyag szakadatlan mozgásban, változásban van, ezért a visszatükröződés során mindig a *mozgó, változó* anyag képe jelenik meg a tudatban. Az emberi megismerésnek ezzel kijelölődik a kizárólagos tárgya, amelyre irányul: a mozgásban lévő anyag, amelyen kívül más nincs, tehát más megismerni való nincs.⁷

5. A mozgásra vonatkozó fentebbi általános tételek után meg kell jelezni, hogy a mozgás legáltalánosabb meghatározásánál nem lehet túlmenni azon, hogy rámutatunk az anyaggal való szerves kapcsolatára. De mint minden általános meghatározás, ez is túlságosan szegényes, mert hijával van minden konkrétságnak. Csupán egy tág keretet és nézőpontot ad. Ezt a keretet konkrét ismeretekkel kell kitölteni, hogy teljes gazdagsággal telítődjék a mozgás fogalma. Ezért az anyagnak eme általános tulajdonságát konkrét anyagformákon kell tanulmányozni, tehát »megfogható« anyagformák sajátos változásait kell megvizsgálni. A sajátos változásokat, amelyek valamely konkrét anyagformára jellemzőek, *mozgásformáknak* nevezzük.⁸ Minden anyagforma speciális mozgásformában létezik.

6. A mozgásformák összessége (és itt nemcsak a már részletesen megismert mozgásformákról van szó!) éppen maga a mozgás; a mozgás fogalmát pedig az összes mozgásformák közös ismérvének (annak, hogy anyagformák jellemző tulajdonsága) elvonatkoztatásával lehetett megalkotni.⁹ A mozgásformák alapját az anyagi hordozók rendkívül változatos kölcsönhatásai, kapcsolatai képezik. A mozgásformák száma természetesen végtelen. Ez már abból is következik, hogy az anyagi világ végtelen, ami egyértelmű a konkrét anyagformák végtelen számával, nem is beszélve arról, hogy egyetlen anyagforma is fejlődésének során különböző mozgásformák alapját képezheti. Tudvalevőleg nemcsak számuk, hanem különbözőségük is végtelen, ami a kölcsönhatások változatosságából következik. Ez a tény újabb nehézségeket támaszt a vizsgálat útjába, — szemléletesen — lehetetlen volna »sorra venni« minden egyes mozgásformát és külön-külön megvizsgálni.

7. De ismeretes az a tény, hogy lehetséges a mozgásformák osztályozása, csoportosítása. Ha a mozgásformákat nemcsak anyagi hordozóik, hanem az ezek között meglevő sajátos kölcsönhatások szempontjából vizsgáljuk, akkor az anyagformáknak széles körei jelölődnek ki, amelyek lényegében hasonló mozgásformákban léteznek. A hasonlóságot az mutatja meg, hogy azonos törvényszerűségeknek tesznek-e eleget, vagy sem. E nagy területek egyben megadják a mozgásforma-osztályokat is. Ezeket a következőkben sorolhatjuk fel:

a) *Fizikai mozgásformák osztálya*. A mozgásformáknak ez az osztálya két nagy csoportra bomlik, a következő definícióknak megfelelően:

⁷ U. o. 241. old.

⁸ Terminológiai nehézségek elkerülése végett a »mozgásforma« fogalmat csak az egészen konkrét mozgásokra használjuk. A hasonló konkrét mozgásformák összességét »mozgásforma osztálynak« nevezzük. Továbbá: anyagformán valamely konkrét anyagot értünk, amely önmagában is egységes egésznek tekinthető valamilyen szempontból.

⁹ V. ö. Engels: A természet dialektikája. 245. old.

— mikrofizikai mozgások: ha az atomok magját, belső elektronhéjait érintő mozgásokról van szó, vagy a változás az elemi részecskék körében megy végbe;

— makrofizikai mozgások: ha a változás során a molekulák szerkezete nem sérül meg az összetevő atomok mozgása következtében. (Ide tartoznak a régebbi értelemben vett fizikai mozgások.)

E kétfajta mozgás összessége a fizikai mozgásformák osztálya. A csak fizikai mozgásformában létező anyagformák tanulmányozásával a körükben uralkodó törvényszerűségek feltárásával a fizika tudománya foglalkozik.

b) *Kémiai mozgásformák osztálya.* A kémiai mozgásformák osztályát azok a változások képezik, amelyek során a molekula belső szerkezete megváltozik, de az összetevő atomokon belüli változás csak a külső elektronhéjat (vegyérték-elektronokat) érinti. A kémiai mozgásformák sajátosságait és törvényszerűségeit a kémiai tudományok tárják fel.

c) *Biológiai mozgásformák osztálya.* Az élő anyagformák speciálisan az életre jellemző változásainak összessége kerül ebbe az osztályba (ahol az élet definíciója: a fehérjetestek létezési módja). A biológia és vele rokon tudományok tanulmányozzák ezeket a mozgásformákat és törvényszerűségeiket.

d) *Társadalmi mozgásformák osztálya.* Az emberi társadalom egészének vagy részeinek fejlődési alapját képező változásokat, a társadalmi osztályok, rétegek egymással való kölcsönös kapcsolatait sorolják a társadalmi mozgásformák osztályába. Példákkal jellemezhetjük az ilyen természetű mozgásokat: termelés, osztályharc, forradalom. A társadalmi mozgásformák és a körükben ható törvényszerűségek tanulmányozását a társadalomtudományok látják el.

A felsoroltakon kívül helyes megkülönböztetni az ún. *mechanikai mozgásokat*. A mechanikai mozgások esetén a változás egyetlen, külső oldalát (a helyváltoztatást) veszik figyelembe, függetlenül attól, hogy egyébként az illető anyagforma milyen mozgásformában létezik. Ez ismét két részre bomlik: úgymint mikro- és makromechanikai mozgásokra.¹⁰

Találkozunk más felsorolásokkal is. Engels pl. »jegyzetei«-ben a mozgásforma osztályai közé illeszti be relatíve első tagként a mechanikai mozgásokat¹¹ mint önálló osztályt. Kedrov előbb említett előadásában¹⁰ önálló mozgásformaként szerepelteti az ún. geológiai mozgásokat. Ezenkívül újabban szokás az elemi és összetett részecskék mozgásait önálló osztályként, mikromozgások néven felvenni. E téma tárgyalásának szempontjából az osztályozások közötti ilyen vagy hasonló különbségek nem idéznek elő nehézségeket. — ezért ezek elemzése itt szükségtelen.

8. Megjegyzések az osztályozáshoz:

a) A felsorolás fenti *sorrendje* nem tetszőleges, nem szabad választás eredménye. Ebben a felsorolásban előbb állnak az egyszerűbb és később az összetettebb mozgásformákat tartalmazó osztályok (ahol az »egyszerű« és az »összetett« megjelölések az anyagi hordozók kölcsönhatásaira vonatkoznak). Másrészt a felsorolás egybeesik a mozgásformák földtörténeti kialakulásának sorrendjével. Kedrov előbb idézett előadásában megkülönböztet strukturális és genetikai szempontból történő osztályozást, és arra a következtetésre jut, hogy bármelyik szempontot is tekintjük, azonos eredményt kapunk. Tehát az

¹⁰ Ezzel a ponttal kapcsolatban lásd B. M. Kedrov: Az anyag mozgásformáinak kölcsönös viszonya a természetben. A modern természettudomány filozófiai kérdései. Moszkva, 1959. 137—211. old. (oroszul.)

¹¹ Engels: A természet dialektikája. 258. old.

előbbi felsorolási sorrend egyrészt az egyszerűtől az összetett felé halad, másrészt földtörténeti szempontból genetikailag az egymásból következés rendjét is megadja.

Könnyű látni, hogy indokolt a használatos elnevezés, amely szerint magasabbrendűeknek nevezzük az előbbállókkal szemben a később következő osztályokat, és alacsonyabbrendűeknek az előbbállókat. Természetesen az elnevezésnek jelen esetben nemcsak terminológiai jelentősége van, hanem a lényegre utal. (1. 9. pont.)

b) A mozgásformák osztályozása nem tekinthető lezártnak két szempontból sem:

— először: a mozgásforma-osztályok elemeinek száma (feltétlen biztonsággal, ami a holt természetet illeti) végtelen;

— másodszor: a megismerés előrehaladásával várható újabb mozgásforma-osztályok felállítása vagy az eddig ismerteknek több osztályra való szétesése. Ugyanis világos, hogy az osztályokba besorolni csak az eddig valamilyen módon már megismert mozgásokat lehet, és nyilvánvalóan várható újabbak feltárása is. Pl. az elemi részecskék mozgását ezelőtt 100 évvel sehova se lehetett sorolni, mivel erről egyáltalán nem volt ismerete az embernek. Felismerésük viszont lehetséges, hogy a fizikai mozgásformák osztályának széteséséhez vezet, mint az előbbiekből láttuk.

c) Végül figyelembe kell venni, hogy a mozgásformák és osztályaik elhatárolása bizonyos gondolati megmerevítéssel jár. A vizsgálat tárgyát gondolatilag először mindig jól körül kell határolni, figyelmen kívül hagyva egy sereg összefüggést, kapcsolatot. Ennek során első megközelítésben éles határvonalat húzunk az egyes mozgásforma-osztályok között azért, hogy az egyes (különböző osztályokba tartozó) mozgásformák különbözőségét emeljük ki. Ugyanakkor az azonos osztályba tartozó mozgásformák megegyező vonásait hangsúlyozzuk. Az élesen megvont határvonalat a vizsgálat további szakaszában fel kell oldani, mivel a valóságban nincsenek merev határvonalak, nincs éles elkülönülés az egyes mozgásformák között. Éppen ellenkezőleg, a mozgásformák szervesen kapcsolódnak, illeszkednek egymáshoz, egyik a másiktól alakul ki.

9. Néhány összefüggés a mozgásformák és a mozgásforma-osztályok között.

Az előbb már utaltunk arra, hogy az alacsonyabbrendű mozgásformákból alakulnak ki a magasabbrendűek. Genetikailag tehát kapcsolat van a mozgásformák, következésképpen osztályaik között. De ennél több is igaz. Engels a magasabb és alacsonyabbrendű mozgásformák »szükségszerű összekapcsolódásáról« írt,¹² s ezen azt érti, hogy a magasabbrendű formában (fő forma) mindig fellelhetők az előtte álló, tehát alacsonyabbrendű formák (mellékformák), amelyekből kialakulhat. B. M. Kedrov így ír erről: »...az anyag különböző formáinak kölcsönös viszonya különösképpen azon alapszik, hogy a magasabbrendű mozgásformák alacsonyabbrendűből (a bonyolultnak az egyszerűből) való keletkezése alkalmával, az alacsonyabbrendű, egyszerűbb mozgásforma nem semmisül meg, nem tűnik el, hanem megőrződik a magasabbrendű, bonyolultabb mozgásformán belül.«¹³

¹² U. o. 297. old.

¹³ B. M. Kedrov előbb id. m. 145. old.

De ugyanakkor az is igaz, hogy nem merítik ki a mindenkori fő forma lényegét a benne fellelhető mellékformák. Pl. az élőlényekben szakadatlanul jelen vannak fizikai és kémiai változások (sőt, ha hiányoznának, az élő szervezet nem is működhetne), mégsem jellemezhetők csupán ezekkel a változásokkal. Kémiai folyamatokban részt vevő atomok (elemek) feltétlenül végeznek fizikai mozgásokat is, (magfizikai változások, hőmozgás stb.), de csupán ezekkel nem jellemezhető a vegyi mozgás. Bármilyen mozgásformáról is van szó, mindig jelentkezik ennek sajátos, csakis e formára jellemző lényege (ismét hangsúlyozzuk, hogy ez az anyagi hordozók speciális kölcsönhatásaiban keresendő). Az anyagformák szakadatlanul más és más mozgásformába (osztályba) mennek át, alacsonyabbrendűből magasabbrendűbe és viszont vagy azonos osztályon belüli különböző mozgásformákba. Az előbbire példa az élő szervezetek kialakulása, amikor is egyes kémiai elemek között speciálisan az élő szervezetekre jellemző kölcsönhatások mutatkoznak, vagyis biológiai mozgásforma anyagi hordozóivá válnak. Az utóbbira példa az elektromos mozgásnak hőmozgásba történő átmenete.

A mozgásformák közötti, fentebb felsorolt összefüggések egyetemes jellegűek. Megemlítjük, hogy végső fokon erre épül a *fejlődés* eszméje. Valamely anyagformára éppen akkor mondjuk, hogy fejlődik, ha a benne meglévő kölcsönhatások bonyolultabbakká válnak, tehát ha alacsonyabbrendűből magasabbrendű mozgásformába megy át. (Természetesen ez a fejlődésnek csak a legáltalánosabb *sémáját* adja, a fogalom sokkal finomabb kimunkálására van szükség minden konkrét esetben; különösen adott mozgásforma-osztályon belüli fejlődés vizsgálatánál.¹⁴⁾

10. A mozgásformák osztályozásánál van egy meglehetősen óvatosan kezelt kérdés: vajon a gondolkodás mozgásforma-osztály-e, tehát a gondolatok mozgásformaként foghatók-e fel?

A gondolkodást a valóság közvetett, általános, lényegre irányuló tükrözéseként határozzák meg, amelyben feltárul a dolgok, jelenségek lényege és a lényegek közötti viszony. A gondolkodás különböző törvények (a gondolkodás alaptörvényei) szerint végbemenő tudati folyamat. A gondolkodás meghatározásának nem kevésbé lényeges eleme, hogy az emberi agyhoz (pontosabban ennek egy részéhez) kapcsolódik, az emberi agy funkciója. (Láthatóan az agyra történő hivatkozás nem jelent korlátozást a felvetett kérdések vizsgálatában, hiszen, ha valamilyen automatikus rendszerről kiderülne, hogy a gondolkodáshoz hasonló funkciói vannak, az »agy« szó helyébe a »gép« szó lenne helyettesíthető.) A gondolkodást tehát mint sajátos törvények szerint végbemenő, az emberi agyhoz kapcsolódó visszatükröződési *folyamatot* határoztuk meg. Mint minden folyamatra, erre is jellemző, hogy változásokat tartalmaz, mégpedig kétféle értelemben: egyrészt a tükrökép jellegénél fogva — a változó világot tükrözi vissza; másrészt a gondolkodás viszonylagos önállósága révén — képelemeket viszonylag szabadon kombinálhat. A változásokat viszont általában mozgásnak neveztük, a mozgás körébe soroltuk, tekintet nélkül arra, hogy milyen vál-

¹⁴ Szükséges megjegyezni, hogy azonos osztályba tartozó mozgásformák között is vannak alacsonyabb és magasabbrendűek. Elegendő példát említeni erre: a biológiai mozgásforma-osztályon belül találhatók alacsonyabb- és magasabbrendű élőlények. Az »egyszerű« és »összetett« kifejezések használatával bármelyik osztályra nyilvánvalóak az előbb említett megjegyzések.

tozásokról van konkrétan szó. Ez magyarázza, hogy Engels a mozgások közé teszi a gondolkodást.¹⁵

De itt a következő kérdések merülnek fel:

a) nem okoz-e nehézséget a gondolkodásnak mozgásformák összességé-ként való felfogása egyik kiindulótételünkkel, a mozgás és anyag elválaszthatatlanságával kapcsolatban? A probléma tényleges, hiszen tudvalevő, hogy a dialektikus materializmus nem ismeri el az anyag és gondolkodás azonosságát (sőt az elsődlegességre vonatkozó ismeretelméleti kérdésen belül abszolút ellentmondásukat tételezi), hanem csupán megfelelőséget állapít meg az igaz gondolat és az objektum között.

b) ha a gondolkodást mozgásformák összességének fogjuk fel, hova helyezhetők az előbbi felsorolásban?

Néhány szempontot felemlítünk e kérdésekkel kapcsolatban.

ad a) A gondolkodásnak mozgásformák összességeként való felfogása nem áll ellentétben az anyag és mozgás elválaszthatatlanságának tételével, még akkor sem, ha gondolkodás esetén anyagmozgást a maga közvetlenségében nem tapasztalunk. Ugyanis a gondolkodás maga is anyagi termék, legmagasabbrendű termék, tehát genetikailag kapcsolat van az anyag és gondolkodás között. Továbbá a gondolkodás *mint önálló lényeg nem létezik*. Gondolatok nem keletkezhetnek, a gondolati folyamatok nem mehetnek végbe agyban be-következett szakadatlan anyagi változások nélkül. Tehát a gondolatok hordozóit anyagi tényezők, agyi változások képezik, a gondolkodás szigorú értelemben anyaghoz kapcsolt jelenség.

Továbbá: a gondolkodás tartalma az objektív valóság képmása (annak hű vagy torz visszatükrözése alapján), tehát mozgása *megfelel* az objektív valóság mozgásának, az anyagi mozgásnak. Pontosabban olyan értelemben áll fenn a megfelelőség, hogy minden egyes helyes gondolkodás útján keletkezett (tehát igaz) gondolatnak van megfelelője az objektív valóságban; éppen ennek hű tükrözését jelentik az előbbi gondolatok, és a közöttük lévő helyes gondolati kapcsolatok is a valóságos kapcsolatok megfelelői. Azon kivételes esetekben pedig, amikor az egyes gondolati képeknek (manó, angyal) nincs megfelelőjük az objektív valóságban, a képet összetevő elemek (kicsi, gonosz, ember, légies, fehér, lény stb.) már eligazítanak a problémában.¹⁶

Ezekből a megfontolásokból is kitűnik, hogy a gondolkodás is anyagi hordozókhoz, anyagi alapokhoz van kapcsolva kétféleképpen is: egyrészt az agyban lejátszódó anyagi változásokhoz (agy-i kölcsönhatásokhoz); másrészt az objektív valósághoz oly módon, hogy annak tükörképe.

ad b) A második kérdéssel kapcsolatban utalni kell arra, hogy a gondolkodás kizárólagos módon *szervezett* anyagformához, az agyhoz, pontosabban az agy egyik részéhez kapcsolódik. Vagyis a gondolkodás hordozóját képező anyagforma (és természetesen változásai) már eleve különbözik a többi anyagformától. Az agynak, mint speciális anyagformának a szerveztségében van ez a különbség, nem pedig a benne »felhasznált« kémiai elemek tekintetében. Ez természetesen az agybeli anyagi hordozók kölcsönhatásait jelenti. E kölcsönhatások egyrészt biológiai mozgásformára utalnak (amennyiben az agy

¹⁵ Engels: A természet dialektikája. 79. és 253. old.

¹⁶ Csak látszólagos nehézséget jelent az az eset, ha magukról a gondolatokról (vagy a gondolkodásról) gondolkodunk. Ekkor ugyanis ennek a gondolkodásnak »tárgyát« képező gondolatok vezetnek vissza az előbbi módon az objektív valósághoz.

része az élő szervezetnek), másrészt túl is mutatnak rajta, ti. alapul szolgálnak a tudati tevékenységnek, tehát a gondolkodásnak is. A gondolkodás az élőszervezetek között csakis az embernél jelentkezik, tehát a biológiai mozgásformában létező anyagformák egy csoportjánál, de lényegé nem magyarázható meg kizárólag biológiai szempontokkal. Ugyanis — mint már az előzőekben utaltunk erre — a gondolkodás során fellépő mozgásoknak is megvannak a sajátos törvényei, amelyek szerint végbemennek és ezek különböznek a biológiai törvényektől. A gondolkodás alaptörvényei csakis erre a mozgásra érvényesek és objektívek abban az értelemben, hogy nem függenek az ember akaratától, nem lehet azokat önkényesen megváltoztatni vagy figyelmen kívül hagyni. Betartásuk a helyes gondolkodás elengedhetetlen feltétele. Mivel tehát a gondolkodás a biológiai mozgásformához kapcsolódik, de azt meghaladja, indokolt, ha a biológiai mozgásformák osztálya után soroljuk.

Másfelől a gondolkodás, a tudatos cselekvés a munka elengedhetetlen velejárója, amely viszont a társadalommá szerveződés feltétele. A gondolkodásnak jelentős szerepe van a tudatos társadalmi erők cselekvésében, ezen keresztül a társadalmi mozgásban. A társadalmi mozgásformák osztálya viszont bővebb, szélesebb a gondolkodásnál, mint ez előbbi meghatározásunkból kiderül. Tehát a társadalmi mozgás részként tartalmazza a gondolkodást. (A meggondolásban csak strukturális szempontokat használtunk, figyelmen kívül hagyva a genetikaiakat.)

Mindezekből az következik, hogy a gondolkodás a biológiai és társadalmi mozgásformák osztályok határterületén helyezkedik el, s mintegy összekötő kapcsként szolgál az anyagi összekötő kapcsolatok mellett. (Ez világosan kiténik anyagi alapjainak, illetve működésének, szerepének elemzéséből.)

A téma szempontjából szükséges volt a gondolkodást ilyen összefüggésekben vizsgálni.

II.

Az ún. »gépi gondolkodás« és a mozgásformák visszavezethetőségének kérdése

1. A gondolkodás folyamatai tehát a mozgásformák közé sorolhatók. Semmiféle kétség nem lehet aziránt, hogy az automatikus rendszerek működése esetén, szintén valamiféle mozgások, változások játszódnak le. A mozgás általános fogalmán belül tehát — minden más változással egyetemben — helyet kap a gondolkodás és az automatikus rendszerekben fellépő minden változás egyaránt. A mozgás ily módon egy rendkívül általános alapot képez, és kapcsolatot teremt a problémában jelentkező két pólus között.

2. Ezzel azonban sokra még nem lehet menni. A mozgás fogalmába ugyanis beletartozik minden egyéb változás is, tehát e fogalom kapcsolatot teremt ezek között is. Majd a későbbiekben éppen azt kell megvizsgálni, hogy milyen speciális viszony áll fenn a gondolkodás, mint mozgásforma és az automatikus rendszerek működése között. Ezt megelőzően azonban megvizsgáljuk a mozgásformák visszavezethetőségének kérdését, amelyre sok hivatkozás történt a probléma filozófiai vizsgálata során.

3. Azon filozófiai rendszerek közül (és itt csak ezek jönnek számításba), amelyek felvették és vizsgálták a mozgás fogalmát, sok jutott olyan állás-

pontra, hogy a mozgásformák visszavezethetők. Ezen rendszerint azt értették, hogy létezik a mozgásoknak egyetlen olyan alapformája, amelyet jellemző törvényszerűségek már magát a mozgást is jellemzik.¹⁷ A mozgásformák visszavezethetősége nem genetikailag értendő, tehát nem azt jelenti, hogy a mozgásformák egymásból keletkeztek — hiszen ez természetesen így van. A mozgásformák visszavezethetőségét strukturális szempontból állították, oly módon, hogy valamely egész, részeinek egyszerű összege minden újszerűség nélkül; hogy a részek tulajdonságainak szummája megadja az egészre jellemző tulajdonságokat; hogy a minőségi változások a mennyiségi változások összességét jelentik stb. Ha ez igaz lenne, akkor a gondolkodás és az ún. »gondolkodó gépek« lényegét egyaránt egyetlen mozgásforma (az alapforma) képezné, ugyanis a gondolkodást vissza lehetne vezetni a biológiai mozgásformára; ezt tovább, ... végül az alapformára, és ugyanaz lenne érvényes az automatikus rendszer működésére is.

4. Példák a mozgásformák visszavezethetőségét valló filozófiai irányzatokra.

A mozgásformák visszavezethetőségét elismerő filozófiai irányzatok leggyakrabban nem mondták ezt ki külön tétel formájában. Problémaként fel sem vetették, meg sem fogalmazták. A visszavezethetőség elismerése meghatározásaik és következtetéseik rendszerének eredményeként jelentkezik.

A mozgásformák visszavezethetőségének elismerése általában a mechanisztikus világszemlélettel kapcsolódott össze. Tudománytörténeti és pszichikai okait ma már egyaránt kellőképpen feltárták és tisztázták. A XVII—XVIII. sz. során, amikor a mechanika hirtelen gyors fejlődésnek indult, és a tudományok egyik legjobban kiművelt részévé vált, gyorsan sugározta szét szemléletét a többi tudományba, kiváltképpen a filozófiába. Mivel a természettudományos ismeretekkel mindig a materialista filozófia állt a legközvetlenebb kapcsolatban, nem meglepő, hogy a mechanisztikus szemlélet a materialista filozófiában is tért hódított.

a) A mechanikus materializmus álláspontja a mozgásformák visszavezethetősége kérdésében.

A mechanikus materializmus a mozgást általában azonosította a hely vagy helyzetváltoztatással. Ily módon a mozgás annak egyik formájára, oldalára — a mechanikai mozgásra — redukálódott. Csupán illusztrálásképp idézzük kora természettudományának kiváló ismerőjét, a következetesen materialista Holbachot, aki a mozgást így határozza meg: »Mozgás az az erő kifejtés, mely által egy test a helyét változtatja, vagy változtatni törekszik, ... vagy méginkább, más testektől való távolságát változtatja.«¹⁸ Továbbá: »A legbonyolultabb mozgások sem egyebek, mint egyszerű mozgások összetételei«... »a test mozgása nem más mint az összetevő részmozgások összege.«¹⁹ Ez utóbbi idézetek egybevetve a mozgás mechanikus materialista meghatározásával már szemléletesen megmutatják a mozgásformák visszavezethetőségének elismeré-

¹⁷ A mozgásformák visszavezethetőségén egyébként még azt is szokták érteni, hogy bár vannak különböző osztályai a mozgásformáknak, de kevesebb, mint amennyit szokásosan tárgyalnak. Ez a vélemény pl. a biológiai és kémiai mozgásformák osztályainak egymással való kapcsolata vizsgálatánál jelentkezik. Sok biokémikusnak az a véleménye, hogy a biológiai mozgásformák visszavezethetők a kémiai mozgásformákra, de ezek a fizikaiakra már nem.

¹⁸ Holbach: A természet rendszere. Bp. 1954. 14. old.

¹⁹ U. o. 35. old.

sét. Tehát a többi — egyszerű helyváltoztatásnál bonyolultabb — mozgásokról úgy vélték, hogy azok is mechanikai mozgásokból tevődnek össze mint elemekből és csak ezen elemek számától függ a bonyolultság foka. Láthatólag ez az álláspont csak az egyes mozgásformák közötti mennyiségi különbségeket veszi figyelembe és tagad mindenféle minőségi különbséget. A mechanisztikus szemlélet még ma is csaknem valamennyi tudomány területén érezteti hatását, noha általában filozófiailag és természettudományos szempontból egyaránt régen túlhaladott. (Részletes ismertetését és mai jelentkezési formáinak kitűnő kritikáját lehet megtalálni az 1958-as, filozófiai kérdésekről rendezett moszkvai konferencia anyagában.)

A mechanisztikus álláspontból önként adódnék a gondolkodás visszavezethetősége az automatikus rendszerek működésére.

b) Idealisztikus elgondolások. Röviden megemlítjük, hogy valamiféle, más értelemben vett visszavezetésről a mozgásformákkal kapcsolatban az idealisztikus filozófiai rendszerekben is szó van. Hiszen — e felfogások értelmében — minden mozgás és változás a tudatnak felel meg vagy az kényszeríti rá a természetre, az anyagi világra. Szintén egy régebbi, klasszikus erejű példát idézünk. Kant írja: »A kategóriák oly fogalmak, melyek a jelenségeknek, ennél fogva a természetnek mint a jelenségek foglalatjának *a priori* törvényt szabnak...« majd pedig úgy vélekedik, hogy »a természetnek öhozzájuk kell alkalmazkodnia.«²⁰ Még élesebben jelentkezik ez az álláspont a tisztább szubjektív idealista irányzatokban, ahol minden változás a tudat körére redukálódik.

Ha ezt az idealista tételt egybevetjük a mozgásformákra vonatkozó természettudományosan indokolt tételekkel, kitűnik, hogy az idealizmus is visszavezeti, redukálja a mozgást; éspedig a tudat változásaira. Ez az álláspont természetesen nem fogadható el, s már régen megcáfolták.

Láthatólag ebben az esetben is furcsa megoldása lenne a »gépi gondolkodás« problémájának, amely nem lenne sokkal fejlettebb elképzelés, mint hogy lelket kell lehelni az automatikus rendszerbe.

c) Feltétlenül ide kívánczok, a »gépek gondolkodása« problémájának megoldásához, egy harmadik lehetséges álláspont is, amelynek ugyan nincs köze a visszavezethetőséghez, sőt — abszolút ellentétként — genetikailag is tagadja azt. Mario Bunge tesz említést²¹ egy dualisztikus jellegű elképzelésről, mely szerint a gépek azért nem gondolkodnak és nem gondolkodhatnak, mert a gondolkodás szellemi tevékenység és a szellem teljesen *idegen* az anyagtól. Itt a kifogás elsődlegesen nem a tagadó választ illeti — ezt külön meg kell vizsgálni — hanem az indokolás lényegét képező dualizmust, mely eleve elfogadhatatlan.

A fentebb felsoroltak csak példái a visszavezethetőség általános elgondolásainak.

5. Az előbbi megoldások a »gépek gondolkodása« problémájára nem tekinthetők helyesnek. Ugyanis a b) és c) pontok alatt említettek idealisztikus jellegűek; az idealisztikus filozófiát pedig általában megcáfoltnak tekinthetjük. Ami az a) pontban szereplő materialista jellegű álláspontból adódó megoldást illeti, ennek mint bizonyítási eljárásnak elvetése azzal indokolható, hogy a mozgásformák általában nem vezethetők vissza, közöttük lényeges

²⁰ Kant: A tiszta ész kritikája. Bp. 1891. 111. old.

²¹ L.: Filozófiai Szemle, II. évf. 1—2. szám 115. old.

minőségi különbségek vannak. Itt csupán az irodalomra hivatkozunk.²² Ma már általánosan nem fogadják el, hogy a mozgásformák elemeik egyszerű összegeként lennének felfoghatók. Ezzel szemben elismerik, hogy az egyszerűbb mozgásformák a magasabbrendűben mint minőségileg magasabb egységben egyesülnek.

6. Ugyanakkor az is igaz, hogy a mozgásformák visszavezethetlenségének ténye nem elegendő a tagadó válasz megindolására. Ennek kimutatásához előbb felsorolunk néhány jellemző eredményt, amelyek szoros kapcsolatban vannak a problémával.

III.

Néhány eredmény az élő szervezetek vizsgálata és (főleg az alkalmazott) kibernetika köréből

1. Előre kell bocsájtani a következő megjegyzést. Mind az élő szervezetek, mind az automatikus berendezések vizsgálatában két szempontot kell megkülönböztetni.

a) *strukturális szempont*: az e szempontból végzett vizsgálatnál az élő szervezet idegrendszerének és az automatikus rendszer szerkezetének csak felépítésére, az egyes elemi alkotórészek közötti szerkezeti kapcsolatokra vagyunk figyelemmel. Érdekes feladat a strukturális analógiák és különbségek megállapítása.

b) a *funkcionális szempont* szerint végzett vizsgálatok esetén az előbbieken említett struktúrák működését, funkcióit tekintik. Az emberi idegrendszer vonatkozásában főképp a gondolkodás (»az emberi agy funkciója«), automatikus rendszereknél pedig megadott kezdeti feltételekből a szerkezet működése folytán meghatározott végeredményekhez való eljutás tartozik a funkcionális szempont szerint folytatandó vizsgálat körébe. (A »megadott kezdeti feltételek« természetesen nemcsak az előre elkészített és a gépbe elhelyezett programot jelentik, hanem minden, az automatikus rendszer által elérhető és hozzá ténylegesen befutó információt, amellyel maga egészíti ki programját.)

A gondolkodás és a »gépek gondolkodása« egymáshoz való viszonyának vizsgálata szempontjából nyilván a b) pontban megfogalmazottak játszanak lényeges szerepet, de könnyű belátni, hogy ezek elválaszthatatlanok a strukturális kérdésektől.

2. Figyelemmel kell lenni arra, hogy jelenleg az automatikus rendszerek építési elveinek kidolgozásában messzemenően szem előtt tartják az élő szervezetek idegrendszeinek elemeiről és elemeinek kapcsolatairól szerzett ismereteket. Ez bizonyult járható útnak annak a célkitűzésnek az elérése érdekében, hogy a nehéz fizikai munkának a gépekre való átruházása után a fárasztó intellektuális munkának is bizonyos egyszerűbb részeit szintén géppel végeztesse el az ember. Külön figyelmet érdemel ez a tény, mert általa kitűnik, hogy ha van egyáltalán *lehetőség* »gondolkodó gépek« szerkesztésére, akkor

²² L. pl.: Engels: A természet dialektikája. B. M. Kedrov id. m. A. I. Oparin: Az élet keletkezésének problémája a modern természettudomány eredményeinek fényénél. A modern természettudomány filozófiai kérdései. Moszkva 1959. 324—332. old. (oroszul)

ezek megvalósítása az emberi idegrendszer lemintázása útján történhet. (Tiszán elméletileg talán fel lehetne vetni, hogy az idegrendszer szerkezetétől gyökeresen különböző berendezés is hasonló funkciókkal bírhat, mint az előbbi, azonban ez annyira üres és fiktív, hogy nem érdemes vele foglalkozni. Ugyanis jelenleg semmiféle tapasztalat nem támasztja alá az előbbi feltételezést; ellenkezőleg, úgy látszik, hogy a szerkezeti hasonlóság kibernetikai törvényszerűségein alapul.²³) A későbbiekben erősen ki-fogjuk használni az emberi idegrendszer és az automatikus rendszerek fenti hasonlóságát!

3. Nem meglepő tehát, hogy analógiákat találunk az idegrendszer és az automatikus rendszerek között, mind strukturális, mind funkcionális szempontból. Sőt a gépek tervezése és építése során, továbbá az elméleti vizsgálatokban az egyik fontos cél az analógiák számának és mélységének további növelése. Az analógiák még azt mutatják, hogy a gépek funkciói sokkal egyszerűbbek, lényegesen kevésbé differenciáltak, mint az idegrendszeri működés, de a lehetőségek olyannyira nagyok, hogy egyes szakemberek helytelenítenek alkalmazhatósági határookra vonatkozó megjegyzéseket is.²⁴

4. Tulajdonképpen mind az emberi idegrendszer, mind az automatikus rendszerek működése során valamilyen módon megszerzett információk átdolgozása megy végbe. Az emberi idegrendszer egyfelől a külső vagy belső befolyásokkal szemben stabilizálja az egész élő szervezetet (élettani funkció), másfelől az érzéki vagy logikai megismerés során nyert adatokat (információkat) kombinálja, dolgozza át oly módon, hogy gyakorlat által igazolható (tehát a valóságnak megfelelő) eredményekhez jusson (megismerési funkció). Közben hibák léphetnek fel, amelyek torz eredményekhez vezetnek, de ezek kijavítására az idegrendszer elegendő lehetőséggel rendelkezik és tevékenysége során a helyreigazítás — normális esetben — meg is valósul.

Az automatikus rendszerek elektromos impulzusos formájában (vagy más módon) kapott adatokat (információkat) dolgoznak át oly módon, hogy a kívánt eredmény álljon elő. Ezt leginkább példák felsorolásával mutathatjuk be. Számológépeknél az információkat a számadatok és a műveleti utasítások képezik, míg a kívánt eredmény a számítás eredményének formájában jelenik meg. A telefonközpontok szintén automatikus rendszerek, ahol az információt a tárcsázott szám, az eredményt a kapcsolás és csengetés jelenti. Vasútbiztosító berendezéseknél a forgalmista jelzései képezik az adatokat, amelyekből kiindulva eredményként a váltók állítása és rögzítése vagy különböző jelzőfények kigyulladásra következik be. Az automatikus rendszerekben esetleg fellépő működési hibákat az ún. negatív visszacsatolás segítségével szintén a gép korrigálja (önkontroll).

Tehát mind az idegrendszeri működés, mind az automatikus berendezések működése esetén információk átdolgozása valósul meg, s ez azonnal analógiát jelent; még akkor is, ha az átdolgozás más-más szinteken történik.

5. Az információk átdolgozását mindkét esetben speciálisan felépített »szerkezet« végzi el. (Az automatikus rendszerek közül ebben a pontban csak az univerzális elektronikus számológépeket tekintjük, ezeknél a legerősebb az előbbiekben említett analógia.)

²³ L. Kalmár László id. m. (Kézirat 9. old.) ahol ennek egy speciális esetét tárgyalja.

²⁴ L. Sz. L. Szoboljev és A. A. Ljapunov id. m. 258. old.

Az emberi idegrendszer neurcnok komplexuma. A neuronok olyan elemi egységei idegrendszerünknek, amelyek idegsejtekből, hozzájuk tartozó rostokból és ezek elágazó végrostjaiból állnak. A neuronok csak kétféle állapotban lehetnek: az izgalom és a nyugalom állapotában. (Érvényesül tehát az ún. »minden vagy semmi« törvény, amely kifejezi, hogy csakis kétféle állapot lehetséges és ez a kétféle állapot meg is valósul.) A megkapott ingert, izgalmi állapotot (helyreállítva annak a továbbítás során lecsökkent erősségét!) meghatározott módon továbbítják más neuronok felé. Ennek megfelelően helyes megkülönböztetni bemenő és kimenő oldalt. A kimenő oldalról idegrostok ágaznak el, amelyek mindegyike csatlakozik más neuronokhoz. A bemenő oldalt a más neuronokról csatlakozó ún. végtalpak (szinapszisok) alkotják, amelyek száma néhánytól néhány százig terjedhet. Ahhoz, hogy egy neuron izgalmi állapotba jusson (tehát, hogy képes legyen ingerületet továbbítani), szükséges, hogy a kapott inger erőssége egy meghatározott értéken (küszöbértéken) felül legyen. Ez kétféleképpen is megvalósulhat: vagy oly módon, hogy az egymást követő idegimpulzusok egy meghatározott időközben (tehát többször) érik a neuront, vagy pedig úgy, hogy az ingert továbbító szinapszisok a neuronfelület meghatározott összefüggő részét fedik. A neuronok az ingert idegimpulzusok formájában vezetik.

A neuronok ún. *monostabil* szervek, tehát az ingerelt állapot után (ami vagy az inger megszűnésével, vagy a neuron kifáradásával következik be) önmaguktól nyugalmi állapotba térnek vissza. Ez azt jelenti — képletesen szólva —, hogy a kapott impulzusokat számszerinti pontossággal továbbítják más neuronok felé. Egy emberi idegrendszerben meglévő összes neuronok száma — becslések szerint — 10^{10} nagyságrend körül van (ahol az exponensben ± 1 eltérés is megengedett). Ebből a számból következtethetünk a bonyolult kapcsolatok lehetőségére és a neuronok parányi voltára (ez utóbbit mikroszkopikus vizsgálatokból közvetlenül is ismerjük). Mindkettőnek jelentős szerepe van a kérdés tanulmányozásában. A neuronok működési sebessége $1/200$ másodpercenként, tehát egy másodperc alatt mintegy 200 impulzus továbbítására képesek. Ez azt jelenti, hogy átlagos élettartam során körülbelül 10^{20} nagyságrendű »kapcsolásra« képesek (ahol a hibalehetőség megfelelő arányban növekszik.)

A nagyteljesítményű elektronikus számológépek az ún. elemi szervek bonyolult rendszerei. Az elemi szervek a következőképpen definiálhatók: olyan elektromos berendezések, melyek el vannak látva több bemenő és egy kimenő vezetékkel. Szerkesztésük folytán alkalmasak arra, hogy a bemenő vezetéseken bejuttatott elektromos impulzusoknak megfelelően (meghatározott módon) a kimenő vezetéken impulzus jelenjék meg. A kimenő vezetéseket más elemi szervek bemenő vezetéseire kapcsolják — ezáltal valósul meg az elektromos impulzusok továbbítása. Az elemi szervek — hasonlóan a neuronokhoz — kétféle állapotban lehetnek: gerjesztett vagy nyugalmi állapotban, a gerjesztett állapotot pedig meghatározott módon adják tovább. (Tehát az elemi szervek esetén is érvényesül a »minden vagy semmi« törvény.) Ezt ki lehet úgy fejezni, hogy az elemi szervek kapcsolóelemek, az elektromos impulzusok továbbítására szolgálnak, s aránylag kis energia felhasználásával nagy szerkezetek működését képesek irányítani. Az elektronikus gépek elemi szervei mind *bistabil*, mind *monostabil* módon elkészíthetők. Ilyen elemi szervek lehetnek

elektroncsövek, tranzisztorok, mágneses magok, jelfogók vagy néhány ilyenből szabványos módon összetett rendszerek, pl. billenőkörök stb.

Végül néhány mennyiségi jellemzőt említünk. A mai tervezési és építési elveknek megfelelően a modern gyorsműködésű elektronikus számológépbe 10^4 nagyságrend körüli elemi szervert építenek be. Méreteikre jellemző, hogy (térfogatot tekintve) 10^9 — 10^7 -szeresei a neuronoknak. Működési sebességük viszont 10^6 /sec, tehát lényegesen nagyobb mint a neuronoké.²⁵

Mindkét esetben a meghatározott módon egybekapcsolt alapegységek, elemi szervek pályákat alkotnak (idegrendszer esetén egész idegpályaköteget) amelyeken történik az ingerületi állapot továbbterjedése. A pályák között a legbonyolultabb kapcsolatok lehetségesek.

Végül: az idegrendszer megfelelő biológiai környezetben helyezkedik el, (koponyacsontok, gerinc, vérekek stb.), amelyek egységbe foglalják és táplálásáról, energiaellátásáról gondoskodnak. A gépeket pedig ún. keretek foglalják egységbe, a működéshez szükséges energiát pedig áramforrások szolgáltatják.

Strukturális szempontból tehát egyrészt analógiák, másrészt különbségek láthatók az idegrendszer és az automatikus rendszerek között. A felsorolás főképp az analógiákat emelte ki (>minden vagy semmi< jelleg, információ továbbító és átdolgozó rendeltetés stb.). Ugyanakkor néhány különbség is kitűnt (alkotórészek belső szerkezete, jellegzetes mennyiségi adatok, működési sebesség stb.). Ez utóbbiakhoz néhányat még felsorolunk:

a) A gépek elemi szerveinél ma felhasznált anyagok mechanikai instabilitása korlátokat emel az elemi szervek méreteinek csökkentése útjába.

b) Nehézségek mutatkoznak a gépek elemi szervei számának növelését illetően is, mivel ezzel arányosan növekszik a meghibásodás valószínűsége (hibalehetőségek additivitása).

c) Lényeges különbség van a felhasznált energiamennyiség tekintetében. Az ENIAC nevű első tisztán elektronikus gép 150 KW fogyasztású volt, ezzel szemben az emberi agy — becslések szerint — 25 W energiát fogyaszt.²⁶

d) A mai automatikus rendszerek elektromos mozgásokkal működnek, az idegrendszeri folyamatokban pedig döntő szerepük van a kémiai változásoknak is.

A felsoroltak csupán arra szolgálnak, hogy a különbségek jellegeinek megállapításához adjanak adalékokat. Egyébként még hivatkozunk Szoboljev-Kitov-Ljapunov: A kibernetika fő vonásai, Kolmann: Mi a kibernetika?²⁷ és Shannon: Számológépek és automaták c. cikkére,²⁸ ahol további különbségek megállapítása is található. Shannon cikkéből külön kiemeljük a »gépek gondolkodása« kérdésével kapcsolatos szkeptikus álláspontot, miszerint a szerkezeti elemek számában fellelhető nagy különbség gyakorlatilag »majdnem értelmetlenné teszi« a funkcionális extrapolációt.

6. A funkcionális szempontból végzett vizsgálat számunkra fontosabb. Az idegrendszer, az emberi agy funkciói közül a gondolkodást és egyes élet-

²⁵ Az ebben a pontban foglaltakat v. ö. Tarján Rezső: A kibernetika néhány problémájáról. Magyar Tudomány 1957. évf. 407—410. old.; továbbá J. von Neumann: The General and Logical Theory of Automata c. előadásával, amelyet elmondott a Hixon Symposiumon, Pasadena (California), 1948.

²⁶ V. ö. J. von Neumann id. m.

²⁷ Mindkét cikk megtalálható a Filozófia Értesítő 1956. II. számában, 86—117. old.

²⁸ Proceeding of the Institute of Radio Engineers. IRE. 1953 okt.

funkciókat emelünk ki. A gondolkodást az előzőleg megadott definíció szerint fogjuk fel.

Az automatikus rendszereket funkcionálisan példák felsorolásával jellemezzük:

a) *Elektronikus számológépek.* Ezek közül a legfejlettebb típusokat az automatikus, univerzális, gyorsműködésű, programvezérlésű, digitális számológépeket emeljük ki. A mechanikus mozgást végző alkatrészekről mentesített gépeket magasfokú automatizmus, páratlan működési sebesség és rendkívül széleskörű alkalmazhatóság jellemzi. (Az 1959-ben elkészített szovjet Kiev nevű gép másodpercenként 10—12 ezer művelet elvégzésére képes; a tervezés alatt álló Strech nevű géprendszer működési sebessége egymillió művelet/sec.)

Az elektronikus számológépekben a számokat és a műveleti utasításokat jól megválasztott elektromos impulzussorozatok reprezentálják. A gép ezek kombinálásával jut el megfelelő eredményekre. Az elektronikus számológépek működésének legfőbb sajátossága, hogy megadott program (műveleti utasítások, valamint arra az esetre, ha valamely előző művelet eredményétől függ, mely művelettel kell folytatni a számítást, az erre vonatkozó logikai feltételek előre elkészített rendszere) alapján nemcsak műveletek óriási tömegét képesek meghatározott egymásutánban elvégezni, hanem a kapott részeredményekről függően módosítják, megváltoztatják a számolási folyamat további menetét. Mindez a gépekben található ún. memóriaegység segítségével valósul meg, amely lehetővé teszi a program és egyéb információk (kiinduló és más adatok, részeredmények stb.) tárolását, továbbá a vezérlőegység segítségével, amely irányítja a gépet az előző adatok alkalmas helyeken történő (akár többszöri) felhasználására. A gép (ha egyelőre csupán matematikai feladatokat tekintünk, amelyek számára létezik numerikus módszer) megadott kezdeti információk olyan átdolgozásra képes, hogy végeredményként ugyanaz jelentkezik, mint ha gondolkodás segítségével történne az eredmény elérése. Sőt a megoldás üteme (miután a gép már kidolgozott programmal rendelkezik) sokszorosán felülmúlja az »emberi megoldás« ütemét. Pl. 10^9 művelet — becslések szerint — az ember, asztali számológép segítségével 3000 év alatt, ugyanezt elektronikus számológép 2000 művelet/sec. működési sebesség mellett — 140 óra alatt végzi el.²⁹

Az univerzális számológépek által megoldható feladatok azonban nem szűkülnek le szoros értelemben vett matematikai feladatokra. Általában minden olyan feladat megoldható univerzális automatikus gépekkel, amelyek számára létezik algoritmus (azaz az információt átdolgozó elementáris aktusoknak és az azok sorrendjét szabályozó logikai feltételeknek olyan összessége, amelyek biztosítják a kívánt eredmények elérését) feltéve, hogy ez a gép számára elérhető. Tehát bármely feladat, amelyhez található algoritmus, alkalmas módon szerkesztett univerzális gép segítségével megoldható.³⁰ De emiatt rendkívüli módon megnövekszik a gépek alkalmazhatósági területe és sok módon válik lehetővé különböző idegrendszeri, gondolkodási folyamatok lemintázása, mint erre a következőkben is utalni fogunk.

b) *Logikai gépek.* A speciálisan e célra épített gépeknél felhasználják, hogy a formális logika eljárásait le lehet mintázni áramkörök segítségével.³¹

²⁹ MTA. Kibernetikai Kutatócsoport Tájékoztatója. 3. szám 27. old.

³⁰ V. Č. Sz. L. Szoboljev és A. A. Ljapunov id. m. 254. old.

³¹ L. C. E. Shannon id. m.

Tulajdonképpen a számológépekben is logikai műveleteket instrumentálnak és az aritmetikai műveleteket ezekre vezetik vissza. A matematikai logika szabályainak felhasználásával épített gépek logikai értelemben vett ítéletkapcsolatok igaz vagy nem igaz voltát képesek meghatározni a bennük szereplő komponens ítéletek igaz vagy nem igaz voltának valamennyi variációja esetén. Továbbá egész ítéletsorokat vizsgálnak végig, bizonyítások helyességének logikai szempontból való ellenőrzését hajtják végre stb., sőt újabban arra is végeztek kísérleteket, hogy elméleti jellegű matematikai problémák megoldására és az ennek során kapott tételek bizonyításának leírására tervezzenek gépeket, vagy használjanak fel univerzális számológépeket.

De nemcsak tisztán elméleti, hanem gyakorlati szempontból is komoly jelentőségre tettek szert a logikai problémák megoldására alkalmas berendezések. Pl. éppen Magyarországon vetették fel különböző elektromos berendezésekben használt jelfogós áramkörök működése teljes ellenőrzésének gondolatát logikai gépek segítségével, a Szovjetunióban pedig speciális gépet szerkesztettek hasonló célra. Ezeknek a feladatoknak megoldása az eddigi módszerekkel gyakorlatilag lehetetlen volt. Ugyancsak érdekes alkalmazási terület vasúti pályaudvarok forgalmának irányítása és ellenőrzése logikai gépekkel.

A logikai gépek sorában megemlítjük a Kalmár professzor vezetésével épült szegedi elektromechanikus logikai gépet, amely a hasonló célú külföldi gépek-nél egyszerűbb működésével, nagyfokú megbízhatóságával és gazdaságosságával tűnt ki. E gép elektronikus analógiájának most folynak kísérleti munkái.

c) *Elektromos »biológiai« modellek.* Ezeknek a — legtöbbször végeredményben elektromechanikus — szerkezeteknek (amelyek közül néhányat elektronikus gép vezérel) kisebb állatok formáit adták: egér, teknősbéka, katicabogár, róka stb. A berendezések segítségével sikerült utánozni néhány feltétlen, majd feltételes reflexet egyenlőre az élő szervezetekhez viszonyítva sokkal egyszerűbb fokon és primitívebb formában.

Gray Waltner »Machina docilis« nevű modellje érzékeny hangra és fényre egyaránt, s a benne elhelyezett memória a kétféle ingerből származó feszültséget éppúgy szummálja, mint az idegrendszer. Ezáltal lehetővé teszi a pavlovi feltételes reflex analógiájának megvalósítását.

Hasonló ehhez Muszka Dániel fiatal magyar kutató »elektronikus katicabogara«. A katicabogár külsejű kombinált elektronikus és elektromechanikus szerkezet a következő program ellátására készült. Abszolút fototrop, a mozgás síkjában bármely irányból a »szemét« képező lámpák mellett elhelyezett fotocellát ért fény felé fordul. Ezt a fotocellák által vezérelt meghajtó és kormányzó motor működésével lehet elérni. Hangingerre (meghatározott hangfrekvenciájú sípjel) a szemeit reprezentáló lámpák felvillantásával reagál. Hang- és fényinger többszöri társítása (»tanulási periódus«) után — amikor egy benne elhelyezett kondenzátor feltöltődik — már csupán sípjelre is elindul és egyenes irányban halad. Tehát ingertársítás esetén egy, a feltételes reflexhez hasonló kapcsolat alakul ki. Az egyidejűleg ható kétféle inger megszüntetése után (szabályozható időtartamon belül) »elfelejti«, hogy sípjelre is el kell indulnia, s visszaáll az eredeti állapot. Végül bármely pettyét ért mechanikus hatás esetén azonnal beszünteti összes funkcióit, megmerevedik (védekező reflex) és csak a hátán lévő hossziránti kapcsoló »megsimogatása« után reagál ismét a fény vagy hanghatására. Ez utóbbi nyilván úgy valósul meg, hogy minden petty alatt mechanikai hatásra érzékeny kapcsoló van,

mely a petty elmozdulása esetén kikapcsolja a hajtómotorok áramforrását. A bogár hátán lévő kapcsoló pedig ezekkel ellentétes funkcióval rendelkezik.

Azért részleteztük ezt a példát, mert belőle kitűnik, hogy milyen módon jön létre a reflexek gépi analógja. A reflexek és a tudati folyamatok Pavlov által megvizsgált kapcsolatai miatt fontosak az ilyenyszerű kísérletek is a gép és az idegrendszer összehasonlításában.

Az egyéb elektromos »biológiai« modellek sorában az egyik leglátványosabb C. E. Shannon Theseus nevű egér modellje volt. Az egér kerekeken futó, egér formájú tapintó kontaktussal ellátott szerkezet. Egy fémlapon tetszés szerint elhelyezhető négyzetes cellarendszert építettek ki. Egyik cellából a másikba átjárókon lehetett közlekedni. Valamelyik cellában elhelyeztek egy »szalonnadarabkát« jelképező fémtestet. Az egér »feladata« az volt, hogy egy kiindulási cellából a labirintuson végighaladva keresse meg a »szalonnadarabot«. Első alkalommal sok ütközés után, felesleges zsákutcába is betérve tudta ezt megvalósítani. Ha azonban még egyszer visszahelyezték a kiindulási cellába, akkor másodszor már gyorsan, ütközés nélkül és a legrövidebb úton jutott el a »szalonnadarabkához«. Tehát az előző kísérlet alkalmával az egér mintegy »megtanulta, kitapasztalta« a legrövidebb célravezető utat. Ariadné fonalát ebben az esetben a fémlaphoz alulról csatlakozó szerkezet képezi, amely nagyszámú elektromágnes és jelfogó segítségével alkalmas arra, hogy kiválassza és rögzítse az első kísérlet helyes elemeit, és másodszor már ezek felhasználásával vezérelje az egeret. Ez az eredmény még élesebben példázza a memória és egyes tanulási folyamatok utánzását elektromos berendezések segítségével.³²

Ugyancsak érdekes eredményt ért el Albert Ducrocq francia kutató elektronikus rókájával. Ez a modell, hasonlóan az előbbihez, nemcsak egyszerűen reagál a számára elérhető ingerekre, hanem ezeket egybeveti a memóriájában rögzített régebbi »emlékekkel«, tehát bizonyos mérlegelés után válaszol.

Az egyik legjelentősebb eredmény e kísérletek sorában R. Ashby homeostat nevet viselő berendezése. Első lépésnek tekinthető abban a fontos irányzatban, melynek célja, hogy a géppel keressék meg valamely feladat legjobb megoldását. A berendezés alapelve: a gép a mindenkori külső befolyásoktól függően olyan állapot felvételére törekszik, amely stabilis az adott befolyással szemben. A beépített lehetőségeket működésében oly módon képes kombinálni, hogy egyes eredményekre esetleg konstruktőre sem gondolt.³³

Sikerült automatikus berendezés segítségével utánozni az önfenntartási ösztönt. Erre szerkesztett Antonin Svoboda egy érdekes készüléket, amelynek működését röviden a következőképpen tudjuk leírni. Egy elektronikus számológép szabványfeladatokat old meg, amelyek eredménye memóriaegységében tárolva van. Megoldásait összehasonlítja a tárolt végeredményekkel, s ha egyezést talál ez jelenti számára a »normális létet«. A gép egy térben mozoghat, ahol helyenként működését zavaró befolyásokkal találkozik; ezeknek a befolyásoknak a hatása alatt hibásan számol. A gépben elhelyezett szupermemóriaegység segítségével megjegyzi a káros befolyások helyeit és azokat a következőkben kikerüli. Bizonyos idő elteltével a gép ismét próbát tesz, hogy vajon még mindig fennáll-e a zavaró hatás. Ha fennáll, a helyet ismét

³² V. ö. Muszka Dániel: Kibernetikai állatmodellek. Természettudományi Közöny, 1958. 7. szám.

³³ V. ö. Sz. L. Szoboljev és A. A. Ljapunov id. m. 256. old.

elkerüli, ha viszont időközben megszűnt, akkor a továbbiakban a kérdéses helyet is bejárja.³⁴

d) Az elmúlt években kibernetikai berendezéseket óriási tömegben és változatosságban építettek. Ezek kivétel nélkül ilyen vagy olyan módon az idegrendszer egyes funkcióinak utánzásaképp születtek meg. Hogy az előbbi — számunkra legérdekesebb — esetek után jellemezni tudjuk a berendezések rendkívül széles skáláját, még néhány jellegzetes ténytet említünk.

Készítettek speciális nyelvfordítógépet. Mivel az egyik nyelvből a másikba való fordítás számára létezik — legalábbis megközelítőleg helyes — algoritmus, nem volt akadály, hogy fordítási programokat készítsenek és ezeket a gép »nyelvére« kódolva elhelyezzék az automatikus rendszerbe. Ezenkívül a memóriakapacitástól függően kisebb-nagyobb szótárkészletet vittek be elektromos impulzussorozatok formájában vagy statikus módon. Tehát a gép rendelkezett mind a fordításhoz szükséges szótárkészlettel, mind pedig a nyelvtani szabályok — fordítási munkához elegendő — rendszerével. A nyelvfordító-gépekkel sikeres kísérleteket hajtottak végre. Nyelvfordításra egyébként fel lehet használni univerzális számológépeket is; a kísérletek zöme még ma is ezek segítségével folyik. A Szovjetunióban pl. angol, francia, sőt kínai és magyar nyelvről is fordítottak ilyen gépek segítségével oroszra. A kísérletek során felállított követelményeket kielégítő eredménnyel. A fordítási sebességben egyébként már elérték az óránkénti 10 000 szavas sebességet.³⁵ Jelenleg sok fordítógépet terveznek és építenek — a legnagyobb szabású vállalkozások ilyen irányban a Szovjetunióban és az Egyesült Államokban vannak.

A ballisztikus interkontinentális rakéták, továbbá a mesterséges holdak és bolygóközi állomások rakétáinak felbocsájtásához szükséges pálya és egyéb számításokat, sőt a rakéták vezérlését is e célra épített elektronikus berendezések végzik. Ezeknek a berendezéseknek igen nagyfokú tökéletességére következtethetünk a szovjet holdrakéta-kísérletek páratlan pontosságából.

A hadseregszervezésben és a haditechnika előbb említettől eltérő ágaiban is fontos szerepet játszanak a kibernetikai berendezések és elméleti eredmények. Háború vagy hadgyakorlatok esetén végeredményben irányítórendszerek (stratégiák) egymás elleni harca folyik, s ennek számos elméleti problémáját kidolgozták az ún. játékelméletben, amely eredetileg a játékok (sakk, kártyajátékok stb.) során alkalmazott stratégiák elmélete volt. A gyakorlati alkalmazást szolgáló berendezések száma is egyre gyarapodik.

A kibernetika utóbbi ága igen jelentős eredményeket hozott a gazdasági élet szervezése és a tervezés néhány bonyolult problémájának megoldásában. Ugyancsak fontosak a statisztikai célok szolgálatába állított automatikus rendszerek. Kibernetikai berendezések segítségével gazdaságosan és gyorsan lehet ellátni üzemszervezési, anyagkönyvelési, bérszámfejtési stb. feladatokat.

Egyes speciális gépek alkalmazásával új tervezett konstrukciók (pl. gőzturbinák, lökhajtásos motor fuvófeje stb.) működését megépítés előtt meg lehet vizsgálni (a gép »szimulálja« a felépítendő konstrukciót), s ezáltal a paramétereknek adott szempontból optimális kombinációját lehet megtalálni.³⁶

³⁴ V. ö. Kalmár László id. m. (Kézirat 14. old.)

³⁵ L. Kónyi Sándor: A kibernetika és a fordítás gépesítése. Természettudományi Közlöny. 1960 1. szám.

³⁶ V. ö. MTA Kibernetikai Kutatócsoport előadásai: Az M-3 elektronikus számológép programozása. Bp. 1959 november (Kézirat) 2. előadás.

Egyre jelentősebbek az egészen közvetlen termelési alkalmazások. Példaként említjük a Magyarországon is gyártott programvezérlésű szerszámgépeket. Még jelentősebbek azok a kísérletek, amelyek során egy egész munkafolyamat irányításának és ellenőrzésének menetét ruházzák át a gépre. Az Egyesült Államokban lefolytatott kísérlet során egy nem teljes programmal ellátott elektronikus gépet kapcsoltak egy acéolvasztó-kemencéhez. Összeköttetésben állt a kemencét működtető brigáddal is és mindkét részről felvette a jellegzetes működési, illetve működtetési adatokat — elektromos impulzus-sorozatok formájában. Az ily módon kapott adatokkal kiegészítette a memóriájában tárolt programot. Kissé szabad szóhasználatlaltal élve »megtanulta« a kemence kezelését. Néhány hónap múlva a gép »magára veszi« a munkafolyamat teljes irányítását a brigád közreműködése nélkül. A tapasztalat szerint ez az út igen perspektivikus, mivel a hosszú »tanulási« időszak folyamán a gép a lehető legjobb mozzanatokot választja ki az összes előfordulók közül (ezt eredeti programja biztosítja). Ezen az alapon a különböző, de hasonló eredményhez vezető munkafolyamatok »megfigyelésével« a gép a lehető legjobb munkafolyamatok összekombinálására is alkalmazható.³⁷

7. A kibernetikai kutatásokban elért elméleti eredmények is érdekes kapcsolatban állnak az utánozhatóság kérdésével. Az itt felsorolandó eredmények gyakorlatban még nem valósultak meg, de logikailag kifogástalan módon bizonyítottak.

a) Lehetséges *önreprodukáló automata*, tehát nincs elvi akadály olyan gép konstruálásának, amely megfelelő sorrendben elhelyezett alkatrészek adagolása esetén (ezek sorozata egyben a működési utasítások teljes rendszerét is jelenti!) tökéletes pontossággal elkészíti saját hasonmását, s ez ismét az önmagáét és így tovább, — mindaddig, míg az alkatrészek adagolása tart. Eközben természetesen saját »utódja« mellett még más automatákat is gyárthat. Láthatóan a szaporodás biológiai funkciójával van analóg kapcsolatban a fenti eredmény.³⁸

b) Ha a kiinduló rendszer komplikáltsági foka egy meghatározott szint fölött van, akkor az általa konstruált utódrendszerek az eredetinel bonyolultabbak lehetnek, tehát a keletkező automata-sor egy fejlődési vonalat képviselhet.

c) Ugyancsak érdekes eredmény — amely sok nehézség kedvező megoldását rejtí magában, — hogy pusztán organizációs elvek felhasználásával lehetséges megbízhatatlan alkatrészekből összeteljesítményében megbízhatóan működő automatát építeni.³⁹

Ezek az eredmények kapcsolatban állnak a biológiai mozgásformánál megismert egyes funkciók (szaporodási képesség, öfenntartási ösztön, szervezeti hibák kiküszöbölésére való törekvés) utánzásával.

8. A fenti felsorolás csupán azt a célt szolgálja, hogy jellemezni tudjuk a kibernetika kialakulásával és rendkívül széleskörű alkalmazásával kapcsolatban kialakult helyzetet.

³⁷ V. ö. Sz. I. Szoholjev és A. A. Ljapunov id. m. 257. old.

³⁸ L. J. von Neumann id. előadása.

³⁹ J. von Neumann: Probabilistic Logics and the Synthesis of Reliable Organisms from Unreliable Components. Automata Studies, Princeton N. J. 1956. 43—98. o.

1. Az eddigiekből kitűnik, hogy automatikus rendszerekkel számos olyan funkciót lehet reménykeltő pontossággal utánozni, amely azelőtt csakis az emberi agy funkciójaként volt ismeretes. Sok olyan tulajdonság is lemintázhatóvá vált alacsonyabb, egyszerűbb fokon, amelyet azelőtt csak biológiai mozgásformában létező anyaggal kapcsolatosan ismertünk. Tehát bizonyos keretek között alacsonyabbrendű mozgásformák segítségével utánozhatóvá vált a magasabbrendű mozgásformában létező anyag *néhány* tulajdonsága és funkciója. Szinte természetesnek tűnik annak a kérdésnek a felmerülése, hogy vajon nem lehetséges-e a gondolkodásnak nevezett agyi funkció *egészének* utánzása ember készítette berendezésekkel? Sokan úgy vélekednek, hogy e kérdés eldöntése egyenértékű azzal, hogy milyen meghatározását adják a gondolkodásnak. De — mint a bevezetőben rámutattunk — a kérdés lényegét egyáltalán nem ez képezi s általa nem válik eldönthetővé. Ugyanis a gondolkodásnak megvan a maga filozófiai meghatározása, amely helyesnek bizonyult, éppen ezért ezen változtatni önkényességet jelentene. E meghatározással kell egybevetni a gépek funkcióira vonatkozó elméleti és gyakorlati eredményeket és lehetőségeket. Ha ezt megtesszük, azonnal az következik, hogy a napjainkban felépített vagy tervbe vett gépek nem gondolkodnak, mivel funkcióik az agyi funkciók néhány, nem a gondolkodás lényegét képező elem utánzásaképp jöttek létre.

2. De ez a megállapítás még nem jelent megoldást arra a kérdésre, hogy van-e *lehetőség* a gondolkodási folyamatok *teljes* lemintázására, gépi realizálására — mégpedig nem azon az úton, hogy szintetikusán élő anyagot állítanak elő, amely egy meggyorsított, de végeredményben önfejlődés alapján az idegrendszerrel való rendelkezés fokára ér s fellép nála a gondolkodás képessége, hanem automatikus rendszerek fejlesztése révén, tehát végső fokon a biológiaiainál alacsonyabbrendű mozgásformában létező anyag felhasználásával.

3. E tekintetben eltérnek a vélemények. Vannak — még a kibernetika nagytekintélyű művelői között is —, akik szerint olyannyira lehetséges a gépek gondolkodási szintre való fejlesztése, hogy az embernek félnie kell saját készítményeitől. E. A. Arab-Ogli, »A szociológia és a kibernetika« c. cikkében⁴⁰ idézi Ashbyt, a kibernetika egyik kiváló művelőjét, továbbá P. de Latilt és másokat. Ashby pl. arra a következtetésre jut, hogy lehet olyan gépet szerkeszteni, amelyet, ha ellátnak a világ politikai, gazdasági problémáit érintő adatokkal, statisztikákkal, minden szakértőt meghaladó, az élet valamennyi területére kiterjedő útmutatást ad. »Ezek az útmutatások talán érthetetlennek fognak tűnni az embereknek, akiknek majd engedelmeskedniök kell a gépnek, de ha követik ezeket, meggyőződnek, hogy fokozatosan sikerül megoldaniok a politikai és gazdasági nehézségeket, mert a gép megértette és felhasználta a számukra még mindig felfoghatatlan elveket és természeti törvényeket.« Látványosan Ashby következtetéseiben a gép az irányítás néhány területén meghaladja az embert s ezáltal társadalomigazgató szerephez jut. Latil ezt még

⁴⁰ E. A. Arab Ogli: Szociológia és kibernetika. Voproszi filozofii. 1958. 5. szám 140. old. (oroszul)

élesebben fejezi ki — régi reakciós elméletek magvait is elhintve: »A gépek parancsolnak az őket megalkotó szakértőknek, s a szakértők a csalhatalan, szent, felkent gépek nevében parancsolnak a tömegnek.« És ebből kiindulva a fenti szerzők sötét jövőt festenek az emberiségnek. A gépek lassanként egyre »önzöbбеккé« válnak, saját maguk fejlesztésére, tökéletesítésére fordítatják a legnagyobb költségvetési összegeket s a legtöbb munkát. Fejlettségüknek egy magas, de elérhető fokán ráeszmélnek, hogy »többé nincs szükségük az őket kiszolgáló emberekre«. S a ráeszmélést döntés követi...

Ezek a következtetések tehát már odáig jutnak, hogy a gép minden tekintetben meghaladja az embert, s mint feleslegeset, elavultat, régit kiszorítja.

A fenti szerzők szociológiai térre leszűrt következtetéseiből képet lehet alkotni, hogy milyen messzire jutottak a gépek feltételezett teljesítőképességéről alkotott véleményekben, s egyben hogy milyen messzire jutottak a valóságtól is. Mert — állítjuk — még csak potenciális lehetőségként sem áll fenn az előbbi.

Nem lehet szó nélkül hagyni, hogy a fenti szerzők éppen szociológiai térre vonnak le sötét következtetéseket, s az emberi tudás egyik igen nagy vívmányáról rajzolnak elriasztó képet. Ehhez még hozzátehetjük, hogy a burzsoá országokban egyre gyakrabban hangoztatják: az elektronikus gépek további munkanélküliséget okoznak, kiszorítják most már a szellemi munkát végzők bizonyos hányadát is. Mindezek a következtetések — nem nehéz látni — a burzsoá osztályideológiából, a hanyatló társadalom szellemi válságából származnak, az utóbbiak pedig erre a társadalmi rendre vonatkoznak.

Nem meglepő, hogy a társadalmi élet alakulásáról hirdetnek képtelen nézeteket, hiszen saját közvetlen környezetükben a kapitalizmus válsággal terhelt pusztulásának számos jelét észlelhetik. A fentebb idézett sötét képnek a kapitalizmus jelenéhez sok köze van (ami a munkanélküliség fokozódását illeti), de az egész emberiség jövőjéhez semmi.

A burzsoá rendből szétsugárzó romboló, hamis eszmék cáfolata nemcsak a tudományos igazság hirdetésének követelménye miatt fontos (amit a dialektikus materializmus mindig egyik fő feladatának tekintett), hanem egyben a kibernetika becsületének megvédését is jelenti.

Számunkra elsősorban az a fontos, hogy vannak szakemberek, akik a kibernetikai eredmények nyomán adódó lehetőségek elemzésében elérhetőnek tartják gondolkodó gépek konstruálását.

4. Mint már előbb is hivatkoztunk rá, kialakult egy ellentétes vélemény is. Eszerint lehetetlen gondolkodó gépeket szerkeszteni, más szavakkal lehetetlen a gondolkodás gépi lemintázása, mivel ez a gondolkodásnak mint mozgásformának a visszavezetését jelentené a biológiainál alacsonyabbrendű mozgásformákra. De súlyos nehézségek rejlenek ebben az indoklásban is. Ugyanis:

a) a gondolkodás esetleges lemintázása gépi úton nem jelenti a mozgásformák visszavezetését. Vannak olyan törvényszerűségek, amelyeknek érvényességi köre nem szűkül le mozgásformák egyetlen speciális osztályára. Ilyenek pl. a dialektikában feltárt törvényszerűségek. De ilyenek a kibernetika által tanulmányozott törvényszerűségek is, amelyek kapcsolatot teremtenek az idegrendszeri működés és az automatikus rendszerek működése között. Kalmár professzor már idézett előadásából vettük a következőket: »az információ-elmélet törvényszerűségei ... megadják, hogy meghatározott jelek adott száma által milyen mennyiségű információ fejezhető ki« (függetlenül a moz-

gásformától) és — ami számunkra különösen lényeges — »Általában az emberi agyban történő információ vezetésére az információ-elméletnek ugyanazon törvényei érvényesek, mint a fizikai információ vezetésére...«⁴¹ Igen érdekes és sok eredményre vezető az idegrendszer elemeire és a gépek elemi alkotórészeire egyaránt érvényes »minden vagy semmi« törvény.

Tehát a specifikus mozgásformákra vonatkozó törvényeken túl felbukkan-
nak általános egységbefoglaló törvényszerűségek, — mint Kalmár professzor
rámutat — szép bizonyítékaként a világ anyagi egységének. Az általános
törvényszerűségek — és a kibernetika kivétel nélkül ilyeneket tanulmányoz
— annak lehetőségét mutatják meg, hogy különböző mozgásformák bizonyos
oldalai, elemei közös nevezőre juthatnak — noha tényként érvényes a mozgás-
formák visszavezethetelensége.

b) ami mármost speciálisan a szóbanforgó kérdést illeti. Mindenekelőtt:
a gondolkodásnak a mozgásformák általános sorában elfoglalt helye külön-
leges. A gondolkodás az agy funkciójaként jelentkezik, az agy képezi anyagi
hordozóját, de nem abban az értelemben, mint ahogyan ez a többi mozgás-
forma esetén a mozgás és annak anyagi hordozója között megvalósul. Ugyanis
az agyban lejátszódó anyagi változások csupán elengedhetetlen feltételét képe-
zik a gondolkodásnak, de nem merítik azt ki. A gondolkodásnak ezen kívül
»anyagi alapjai« az objektív valóság tárgyai, jelenségei és ezek összefüggései,
amelyekre vonatkozik. De mindkét esetben a gondolkodás nem ezek közvetlen
változásait jelenti. (Az a vulgármaterialista álláspont, amely szerint az agy
oly módon választja ki a gondolatokat, mint máj az epét, egy síkba helyezi
a gondolkodást az előbbi viszonyban a többi mozgásformával. Ezt az állás-
pontot azonban már régen megcáfolták.)

Megemlítjük az alábbi példát: az elektromos mozgás az elektronoknak,
mint anyagi hordozóknak a mozgása, a gondolkodás viszont — éppen tükörkép
jellegéből magyarázhatóan — nem az agysejtek változásával egyenlő.

A gondolkodásnak ez az anyagtól való függősége, anyagi változásokon
való alapulása, de végeredményben attól való különbözősége, elválasztottsága
jól kitűnik abból az abszolút határvonalból, amely kizárólag az elsődlegességre
vonatkozó ismeretelméleti kérdésben anyag és tudat között fennáll.⁴²

Az egész megfontolásnak ez a legkritikusabb pontja két vonatkozásban is.

Először: meg kell indokolni, hogy elvileg nincs kizárva gondolkodási
folyamatok utánzása s ezáltal nem kerülünk ellentétbe a visszavezethetelenség
tételével.

Másodszor: ügyelni kell arra, hogy a gondolkodás vizsgálatánál idealisztí-
kus engedmény ne történjék. Ezen azt értjük, hogy a vizsgálatból ki kell re-
keszteni a gondolkodásnak önálló lényegként való értelmezését.

A gondolkodásnak az anyagtól való — egybekapcsolódásán belüli — külön-
bözősége csupán lehetőséget ad arra, hogy utánózni lehessen. Tudvalevő, hogy
az agyat nem a benne »felhasznált« kémiai elemek teszik különleges anyag-
formává, hanem a speciális szervezethez. Ha az anyagi hordozókat más, de az
agyhoz hasonló szervezethez szerkezetekkel helyettesítik, akkor lehetséges
az agy és a szerkezetek funkcióinak hasonlósága. Ez utóbbi ténykérdés —
melyre a felsorolt példák adnak bizonyítékot. Előfordul, hogy a hasonlóság

⁴¹ Kalmár László id. m. (Kézirat 8—9. old.)

⁴² V. ö. Lenin: Materializmus és empiriokriticizmus. Bp. Szikra 1949. 142. old.

nagyon távoli, vagy külsődleges, de itt nem is a hasonlóság erőssége, élessége, hanem csupán *lehetősége* lényeges (mind a szervezettség, mind a funkciók hasonlósága tekintetében). Ahogyan az emelődarú a kéz egyetlen funkcióját, a manipulátor már sok és összetett funkcióját utánozza — *hasonlóképpen* gondolunk az agyfunkciók utánzására is. Láthatóan itt nem a biológiai mozgásforma visszavezetéséről van szó nálánál alacsonyabbrendűekre, hanem annak lehetőségéről, hogy biológiai mozgásformában létező anyag *működése* utánozható nálánál alacsonyabbrendűével. A biológiai mozgásformában létező emberi agyat nem helyettesíti bármely automatikus berendezés sem, de az agyműködés általános törvényeknek eleget tevő mozzanatait és folyamatait igen. Ezért volt szükséges megkülönböztetni strukturális és funkcionális szempontot.

A mozgásformák visszavezethetősége a strukturális kérdésekben merül fel. De ahogyan genetikailag »visszavezetődnek« a mozgásformák egymásra, éppúgy funkcionális szempontból sem lehet várni éies minőségi sorompókat az egyes mozgásformák között. Hangsúlyozottan lehetőségről beszélünk — amelyet elvileg nem lehet kizárni. Hogy ez a lehetőség realizálódik-e vagy sem, lesz-e valahol a megvalósításnak áttörhetetlen korlátja vagy sem, — ennek eldöntése a konkrét kutatómunkára vár.

Ki kell emelni, hogy a gondolkodást az anyaggal való összefüggésben, anyagból való származásában fogtuk fel. A legkisebb engedmény e tekintetben dualizmushoz vagy idealizmushoz vezet és perspektívtánná teszi a kérdés vizsgálatát. Ugyanis, ha a gondolkodás önálló lényeg és nem funkció volna, akkor nem gépek szerkesztésén kellene munkálkodni, hanem ennek az önálló lényegnek a megkeresésén és bármely gépbe való beépítésén.

5. Miben viszi előre, miben módosítja véleményünket a kibernetika?

A magasabbrendű mozgásformák egy sereg olyan funkcióját, amelyet azelőtt kizárólag ezekre tartottak jellemzőnek — mint a felsorolt példák mutatják — többé-kevésbé lehet utánozni kibernetikai berendezésekkel. Nem érvényes tehát, hogy ezek a funkciók feltétlenül csak magasabbrendű mozgásformákhoz vannak kötve.

Míg régebben elég gyakori volt, hogy egy magasabbrendű mozgásformában létező anyagot néhány jellemzőnek tartott funkciójának felsorolásával határoztak meg (pl. az életet növekedés, önfenntartás, szaporodás stb. funkciókkal), addig most kiderült, hogy ezek a funkciók kisebb-nagyobb mértékben utánozhatók alacsonyabbrendű mozgásformában létező anyaggal is. Éppen ezért lényegessé vált, hogy a materialisztikus jellegű meghatározásokban hivatkozzanak az anyagformára is, amelyhez az előbbi funkciók kapcsolódnak. (Szép példája ennek az élet Engelstől származó meghatározása.) Ennek az utóbbi megjegyzésnek lényeges szerepe lesz a kérdések itt adandó megoldási kísérletében.

V.

A megoldási kísérletek gyengesége

A dialektikus materializmus szellemében fogant kísérletek az agy gondolkodóképesége és a gép funkciói közötti különbségek kimutatásával arra a megállapításra jutottak, hogy a gépek nem gondolkodnak. Ezt vallják a

dialektikus materializmus talaján álló szaktudósok is. A vizsgálatokban felsorolják az összehasonlításból adódó mennyiségi és minőségi különbségeket, amelyek egy részére az előbbieken hivatkoztunk. A gépek »fejlettségének« mai színvonalán e megoldás ellen megalapozottan semmiféle kifogást nem lehet emelni.

De ennek — ami a gondolkodási folyamatok lényegi vagy teljes leutánzásának lehetőségét illeti — általános érvényre emelése vagy kivetítése a jövőbe nem látszik kellőképpen megalapozottnak. Ugyanis egyes különbségek megállapítása és éles megfogalmazása (funkcionális tekintetben) már az eddigiekben is a különbségek csökkentésének tendenciáját vonta maga után. Ez viszont óhatatlanul kétségeket ébreszt a kérdés általános eldöntésére irányuló törekvés eme módszere iránt. Ha mindig csupán arra szorítkozunk, hogy összehasonlításokat végezzünk a gépek működésének adott színvonala és a gondolkodás között, a kérdést nem dönthetjük el, hanem csak a jövőbe tolhatjuk ki. Ugyanis a lehetséges eredmény ilyen esetekben az, hogy »ez a gép nem gondolkodik, nem utánozza a gondolkodás fő folyamatait«, nem pedig az, hogy nincs lehetőség ezek utánzására. Semmi ok nincs annak feltételezésére, hogy új tervezési és építési eljárásokkal (esetleg a fizikain kívül más mozgásformák »beépítésével«) minden jól megállapított *funkcionális* különbség ne lenne csökkenthető. Tehát pusztán összehasonlítás és különbség-megállapítás a gép és az élő organizmus, továbbá (az ember esetében) annak szellemi tevékenysége között nem vezethet a kérdés eldöntésére.

VI.

A kérdés egy lehetséges megoldása

1. A funkció általában nem független a struktúrától. E kettőt sem azonosítani sem elválasztani nem lehet egymástól. Hasonló működéshez, valamilyen szempontból hasonló struktúra is szükséges. De ez nem azt jelenti, hogy egybevágó funkciókhoz teljesen egybevágó struktúra is szükséges. Pl. valamely körmozgás elérhető dugattyú és csuklókarok segítségével vagy pedig fogaskerék csatlakozás segítségével is. Vagy ismét hivatkozhatunk a kéz — emelődarú — manipulátor példára, amely esetekben a kéz *egyes* funkciói utánozhatókká váltak nem azonos struktúrákkal. A struktúra és funkció ilyen viszonya nyitja meg az útát további következtetésekhez.

2. A III. részben felsorolt példák azt mutatják, hogy az agy és idegrendszer bizonyos funkcióit kibernetikai berendezésekkel sikerült utánozni. Ez oly módon volt lehetséges, hogy a neuronokhoz képest rendkívül egyszerűsített elemi szervek egybekapcsolásával leutánozták az agyban már megismert egyes összefüggéseket, természetesen egyszerűsítve. A IV. rész megfontolásai azt mutatják, hogy van lehetőség ennek perspektivikus folytatására.

3. Tételezzük fel azt az esetet, hogy lehetséges olyan berendezést készíteni (esetleg kémiai folyamatok beépítésével), amelyben sikerül az elemi szervek olyan bonyolult kapcsolatát megvalósítani, hogy számításba lehet venni általuk minden idegrendszeri állapotot. Továbbá tegyük fel, hogy ez a berendezés alkalmas az idegrendszeri állapotok teljes utánzására is. Az ilyen gép mindarra képes lenne, ami funkcionálisan az idegrendszerben lejátszód-

nék, tehát működése egybeesnék az agyfunkciókkal. Így módon ezen ideális eset feltételezése nem áll ellentmondásban a mozgásformák visszavezethetlenségével és mégis a berendezés funkcionálisan gondolkodást mutatna. (Hogy e feltevés a kérdés vizsgálatában megengedhető, az hamarosan kiderül.)

4. Áttekintjük, hogy mi szerepel döntő előfeltételként ennek az ideális állapotnak a megvalósulásához. (A megvalósításhoz szükséges feltételek közül itt csupán egyet emelünk ki. Számos vizsgálat történt egyéb feltételek keresésére is. Ezek közül hivatkozunk McCulloch-Pitts »formális neurális hálózatokra« vonatkozó tételére és S. C. Kleen vizsgálataira.⁴³) A IV. rész 5. pontban azt láttuk, hogy a mozgásformák vizsgálatánál nem elegendő a funkciók felsorolása, hanem azon anyagformák tanulmányozása is elengedhetetlenül szükséges, amelyekhez a jellegzetes funkciók kapcsolódnak. Ez viszont azt jelenti, hogy az agy és az idegrendszer megismerésének függvényévé válik: milyen mértékben tudjuk utánozni annak funkcióit. Az olyan agregátum elkészítéséhez tehát, amely a maga teljességében képes utánozni a gondolkodási folyamatokat, mindenekelőtt az agy és az idegrendszeri működés teljes, tökéletes ismerete szükséges. Ez pedig a megismerés végtelen folyamatában feltáruló abszolút igazság része. Vagyis ahhoz, hogy tökéletesen utánozni lehessen az agyi funkciókat, mindenekelőtt ezek teljes ismerete szükséges. Ez utóbbit viszont csupán a megismerés végtelen folyamatában érhetjük el.

5. Az előbbi meggondolás az agyi és gépi funkciók olyan különbségéhez vezet, amely ugyan csökkenthető, de (még a legkedvezőbb esetben is) csak a végtelenben tűnik el. Mégpedig:

- a) Az emberi idegrendszer és ennek funkciói (utóbbiak legalábbis lehetőség szerint) *adottak*, »természeti konstrukciók.« Ezek felé az ember a megismerés során mint adottak felé közeledik, s a megismerés végtelen folyamatában meríti ki őket.
- b) A gépek és különösen a gépi funkciók *tudatos emberi cselekvés eredményei*, amelyeket az ember célszerűen állított össze és funkcionálisan maradék nélkül ismer. (Nem jelentenek ez alól kivételt az olyan esetek sem, mint pl. Ashby homeostatja, amikor a gép többre »képes« mint konstruktőre gondolta. Ugyanis ilyen esetekben az építő vagy nem vizsgálta meg az összes lehetőségeket, vagy egy új — eddig rejtett — törvényszerűségekre bukkant. A gép rejtett »képességei« nem azonosak az emberi idegrendszer meg nem ismert tulajdonságaival, mert azok az *ismert* konstrukcióból és funkciókból következnek.) Ebben az esetben a funkciók gyarapítása és finomítása az elérendő cél.

Ez a megoldás tehát azt jelenti, hogy a lehetőségek sorából nem szabad kirekeszteni a gondolkodó gép perspektíváját, de ennek elérése (a legkedvezőbb esetben is) egy végtelen fejlődési processzus eredménye lehet. Hangsúlyozni kell az eredmény mindkét oldalát:

a) a mai eredmények alapján elvileg nem szabad kizárni a gondolkodás gépi lemintázásának lehetőségét, funkcionális tekintetben. Hogy a lehetőséget esetlegesen később felmerülő elvi jelentőségű akadály meggátolja a realizálásban, arra vonatkozóan jóslani nem lehet.

⁴³ McCulloch-Pitts tételéről részletes ismertetést ad J. von Neumann id. munkájában. Továbbá lásd Automata Studies Princeton N. J. 1956. 3—42. old.

b) ha e lehetőség meg is valósul, ez csupán végtelen approximáció formájában lehetséges. És ez a következmény a legfontosabb. Ugyanis ebből kitűnik, hogy egyetlen konkrét gép vagy géprendszer sem rendelkezhet a gondolkodás képességével, továbbá még lehetőség szerint sem áll fenn, hogy a gép megelőzhesse, majd mint feleslegeset kiszorítsa az embert. Az emberi idegrendszer funkcióinak teljessége mögött mindig elmarad a gép funkcióinak teljessége és ezt a lemaradást nem egyenlíti ki a gépek működési sebessége vagy adattárolási képessége, amelyekben előnyben vannak az emberrel szemben.

НЕВОЗМОЖНОСТЬ СРЕДЕНИЯ ФОРМ ДВИЖЕНИЯ И ВОПРОС ТАК НАЗЫВАЕМЫХ «МЫСЛЯЩИХ МАШИН»

Автор: адъюнкт *Александр Сзекель*

В введении статьи возникает вопрос, мыслят ли нынешние современные электронные машины, или есть ли вообще возможность для конструкции мыслящих машин.

После этого мы можем найти в статье обзор о марксистских положениях, относящихся к формам движения и их взаимным отношениям — имея в виду главным образом то, что в литературе, существовавшей до сих пор, многие хотели разрешить вопросы, касающиеся отношения новых электронных машин и мышления, как будто бы признание возможности мыслящих машин было тождественно признанию — опровергнутого — положения сведения форм движения.

Но статья показывает, что речь идёт не об этом.

Потом она излагает результаты исследования, относящиеся к хорошо разграниченным функциям. Эти результаты показывают, что можно надеяться на подражание отдельным функциям мозга при помощи электронной аппаратуры. Из исследования взаимного отношения структуры и функции следует прежде всего то, что нельзя исключить возможность хорошей подражаемости мыслительных и в отношении полноты работы мозга, ни в отношении нервной системы. Но если эта возможность осуществляется, это осуществление возможно только путём бесконечного приближения.

Это выводится из того, что существенная связь есть между исчерпывающем познанием функций, связанных с нервной системой (абсолютная истина) и реализацией прежней возможности. Это ведёт к такому различию между действием машины и функциями мозга, которое может быть уменьшено, однако его исчезновение может наступить даже и в самом благоприятном случае только в бесконечности.

THE IRREDUCIBILITY OF MOTION FORMS AND THE QUESTION OF THE SO-CALLED «THINKING MACHINES»

by Sándor Székely
first assistant at the University of Szeged

In the prefatory part of the paper the question is raised whether modern electronic machines are capable of thinking or if there is any possibility of constructing thinking machines.

Further the author gives a survey of the Marxist theses concerning motion forms and their interrelation having a special regard to thinking as a motion form. The enumeration, more detailed as usual, is motivated by the fact that up to now in the literature of the problem many scientists have endeavoured to solve the questions concerning the relation between electronic machines and thinking by asserting that the acknowledgement of the possibility of thinking machines should be equivalent to the adoption of the thesis — long refuted by the way — of the reducibility of motion forms. But the paper points out that there is no question of it.

After this the author makes us acquainted with the research results relating to well circumscribed functions, which show that certain cerebral functions can hopefully be imitated by means of electronic appliances.

From the examination of the interrelation between structure and function follows as a main consequence that the possibility of thinking functions which are easy to be imitated, may not be excluded either in respect of the completeness of nervous and cerebral activity. But even if this possibility becomes real, the realization of it is only possible through approaching infinity. This proceeds from the fact that there is a relation of primary importance between thorough cognition of functions connected with the nervous system (absolute truth) and the realization of the former possibility. The result of this is a difference between the working of the machine and the cerebral functions, which may well be reduced, but which — even in the best case — may only disappear in the infinity.

